

1845年创刊 132位诺贝尔奖得主撰稿 从爱迪生到比尔·盖茨都喜欢阅读

《科学美国人》
享誉全球的科普杂志

环球科学

SCIENTIFIC
AMERICAN

《科学美国人》
独家授权

2007·5 www.sciam.cn

邮局订阅代号

80-498

- ▶ 制造隐身衣
- ▶ 精准消灭肿瘤细胞
- ▶ 芯片计算能力的革命性飞跃

等离子激子的神奇应用

医生手记：治愈狂犬病

氢能汽车的最后瓶颈

网络交友 真实的谎言

汽车的家庭医生

DNA 中的酒瘾开关

银河系的星际战俘

针灸真的有用吗

视网膜上的电影工厂

ISSN 1673-5153



定价：12.00元
港币：25.00元
美元：4.50元

SCIENTIFIC AMERICAN 国内统一刊号：CN11-5480/7 国际标准刊号：ISSN 1673-5153



《亚洲首席信息官管理层峰会系列活动》

“在 不了解日常运营工作问题和企业组织的复杂性时进行‘创新’往往会在一开始‘遗忘’所涉及的风险和如何予以实施的具体细节。在风险层面，创新战略能否顺利实施取决于是否能清晰判断项目本身管理中常见的不确定性，以及组织外部价值链、市场的协同和接受程度。这意味着创新不只可能在企业内部出问题，所依赖的外部市场和上下游伙伴也很可能并没有准备就绪。”



赖锡璋
首席信息官
地铁有限公司（香港）

— 鸣谢下列2007年春季活动资助机构和支持媒体 —



安博博会议机构是《亚洲首席信息官管理层峰会系列活动》的主办方和品牌拥有者，联系信息：
安博博会务服务有限公司 Lee Franklin 先生 电话：86 21 6652 3700 传真：86 21 6652 5223
电子邮件：lee.franklin@araworldwide.com 地址：上海延长中路619号延中大厦7楼，200072

新登场
商务达人
CX6900F彩色传真一体机



商务巨无霸九大绝技集一身

CX6900F彩色传真一体机, 商务世代新标准

爱普生“商务达人”一体机家族又添新力量!CX6900F重磅出击。它秉承了CX5900普通纸超优打印、打印稿防水、四色分体墨盒、高速打印四大绝技,更特别增添了彩色传真功能,由于采用了DURABrite Ultra世纪绚彩防水耐光墨,所以传真稿件不怕水,不挑纸,色彩鲜活,远胜于普通传真机和同级一体机,加上支持Windows Vista操作系统、高品质打印、轻松复印、高精度扫描,CX6900F真正将九大绝技集于一身,为新世代商务一体机树立九大标准!商务应用所向无敌。



爱普生(中国)有限公司 <http://www.epson.com.cn>

敬请光临以下爱普生映像馆,感受我们带给您的全新产品和应用方案
北京爱普生映像馆010-82696006 82696010/上海爱普生映像馆021-64273707
广州爱普生映像馆020-87511200/成都爱普生映像馆028-65484277 85464177
沈阳爱普生映像馆024-83992267 83992843/重庆爱普生4S中心023-68797301

从2007年3月24日起,爱普生“全能一体机,商务好伙伴”巡展在全国各大电脑城火热进行中,详情请见爱普生网站。

爱普生商务一体机系列 全能好搭档



EPSON STYLUS. CX6900F
彩色传真一体机



EPSON STYLUS. CX5900
彩色喷墨一体机



EPSON ME.200
彩色喷墨一体机



EPSON STYLUS. PHOTO RX590
彩色照片一体机



EPSON STYLUS. PHOTO RX530
彩色照片一体机



EPSON STYLUS. PHOTO RX630
彩色照片一体机

活的色彩 优惠新价

除RX630外,以上机型均支持Windows Vista操作系统。



P14 封面故事 COVER STORY

等离激子的神奇应用

撰文/哈里·A·阿特沃特 (Harry A. Atwater)

在一只公元4世纪的古罗马高脚杯中，科学家们发现了设计隐身斗篷的物理原理——光波可以束缚在金属表面，以电子波的形式传播，这就是等离激子。利用它，科学家能够将光信号压缩到纳米级线路之中，让处理器芯片的计算能力实现革命性飞跃；还能精准地消灭肿瘤细胞，甚至制造出隐身装置，并让庞大的太空船消失于无形。

22 等离激子学研究简史

热点追踪 Hot Topic

24 网络交友 真实的谎言

撰文/罗伯特·爱泼斯坦 (Robert Epstein)

我们生活的时代已经打上网络的烙印，网络交友将催生一个60亿美元的大市场。这种时尚的交友方式是否真的充斥着谎言？网络交友的成功率有多高？科学家们要用实验数据来解答。

医学·健康 Medicine & Health

30 医生手记：治愈狂犬病

撰文/小罗德尼·E·威洛比 (Rodney E. Willoughby, Jr.)

狂犬病是最古老、最令人恐惧的疾病之一。即使到了现代，它依然只能预防，不能治愈，致死率也依然是100%。但就在2004年，这条铁律却被打破：美国一位女中学生患上了狂犬病，却奇迹般地死里逃生。救治她的医生现身说法，从中我们或许能找到线索，打破“狂犬病不能治愈”的魔咒。

38 认清狂犬病

撰文/严家新

40 DNA中的酒瘾开关

撰文/小约翰·I·努恩贝格尔 (John I. Nurnberger, Jr.)

劳拉·琼·贝鲁特 (Laura Jean Bierut)

为什么有人千杯不醉，有人却一喝酒就脸红？为什么某些家族会有酗酒的“传统”？答案或许会让你大吃一惊：在我们的基因中，隐藏着一个“酒瘾开关”——基因变异在很大程度上决定了我们的饮酒习惯。

48 视网膜上的电影工厂

撰文/弗兰克·韦伯林 (Frank Weblin)

博通德·罗斯卡 (Botond Roska)

在我们的视网膜深处，有一群特殊的神经细胞。对于我们看到的任何事物，它们都会提取其中的抽象特征，制作成12部“电影”，源源不断地输送给大脑，在那里加工还原我们眼前的精彩世界。破解视网膜的成像秘密，科学家们要开发人造视觉感受器，帮助盲人重见光明。

56 你不知道的嗜睡症

撰文/乔基姆·马歇尔 (Joachim Marschall)

亚洲人是嗜睡症最“青睐”的人群。患者每天和睡意作斗争，每每毫无征兆就突然入睡，不但给生活造成困扰，还常常面临危险。最新的研究或许让我们看到了治愈这种怪病的曙光。



生物 Biology

60 乌鸦究竟有多聪明

撰文/贝恩德·海因里希 (Bernd Heinrich)
托马斯·布格尼亚尔 (Thomas Bugnyar)

听说过“乌鸦喝水”的故事吧？其实，它比我们了解的还要聪明。科学家们通过实验证明，乌鸦能够利用逻辑推理来解决问题，能够辨别和记住包括同类和人类在内的不同个体，还能预测其他个体可能作出的反应——智力远远超过了类人猿。

能源 Energy

68 氢能汽车的最后瓶颈

撰文/苏尼塔·萨蒂亚帕尔 (Sunita Satyapal)
约翰·彼得罗维奇 (John Petrovic)
乔治·托马斯 (George Thomas)

能源危机和全球变暖问题已经成为老生常谈，全世界开始对清洁燃料汽车翘首期盼。储氢技术的局限，却使得众望所归的氢能汽车迟迟无法上路。看全球科学家如何使出浑身解数，突破氢能汽车这最后一道瓶颈。

天文 Astronomy

76 银河系的星际战俘

撰文/罗德里戈·伊巴塔 (Rodrigo Ibatá)
布拉德·吉布森 (Brad Gibson)

夜空中的点点繁星并非全是我们的银河系的土著居民，许多诞生于其他星系的恒星混杂其间，幽幽地诉说着它们的家园被银河系侵占瓦解、它们自己被银河系掠夺俘虏的悲惨历史。找出这些星际战俘，追溯它们的来龙去脉，就能重建银河系征战侵略、发展壮大的历史，甚至还能探测银河系最黑暗的秘密——暗物质的分布及它的本质。

抢鲜测试 Technicalities

82 汽车的家庭医生

撰文/任文驹 (Philip Yam)

技术解剖 Working Knowledge

84 让汽车行驶更安全

撰文/马克·菲谢蒂 (Mark Fischetti)

视角 Perspective

86 针灸真的有用吗

撰文/苏珊·凯默 (Susanne Kemmer)

前沿扫描 News Scan



- 05 遏止全球变暖 刻不容缓
- 06 天然气火箭
- 07 “霍比特人”的新证据
- 08 胎儿发育由母亲决定
- 09 暗物质不太黑
- 10 食疗对抗自闭症
- 11 河口的生态危机

12 市场力量推动疫苗开发/金属钎帮晶体管“减肥”/用之不尽的地热资源

13 光与物质的移形换位/薰衣草油=雌性激素？/大型强子对撞机发生爆炸

专栏 Column

怀疑论者 Skeptic

89 选择自由

撰文/迈克尔·舍默 (Michael Shermer)

反重力思考 Anti Gravity

90 东拼西凑

撰文/史蒂夫·米尔斯基 (Steve Mirsky)

专家解答 Ask the Experts

91 什么是脂肪肝，如何防治

91 剪掉的头发为什么还能再长出来



经典回眸 50,100&150 Years Ago

92 自动化恐惧症◎机动灵车◎清洁水草



P24

P56



P60



P68



P82

基因泡沫和科学理性

“我们的人生际遇，究竟在多大程度上是由基因决定的？”问这个问题的霍君，是一位研究西方哲学的博士，也是《环球科学》的忠实读者。习惯于追究“终极问题”的他，最近深为这个问题苦恼。

让我苦恼的，倒不是这个问题，而是“霍君的苦恼”。因为类似的问题，我已经被不同的人问过太多次。

Gene 这个词，来源于希腊语，最初是“给予生命”的意思。从最初出现的那一刻起，生命就通过这种神奇的物质代代繁衍。对基因的研究，也就是人类破译生命的奥秘，和祖先对话的历程。

19 世纪 50 年代，奥地利科学家孟德尔藏在奥古斯丁修道院后院做实验，陪伴他的，是开了又谢的豌豆花。到 1865 年，孟德尔根据在这些美丽花朵中的发现，提出了一种叫做“遗传因子”的概念，从此人类掌握了第一把“打开遗传学宫殿大门的钥匙”。44 年后，丹麦科学家约翰逊给孟德尔的遗传因子起了一个新名字：基因，从此沿用至今。

又一个世纪过去了。21 世纪初，人类基因组图谱的完工，宣告尘封了几十亿年的基因世界的大门轰然洞开，对人类而言，“生命天书”不再是无解的谜题。

但也就是在这时候，我们对于基因的狂热再次登顶。形形色色的基因，掌管我们生命的不同环节，或清晰或扑朔地出现在公众面前：肥胖基因决定我们是否会长胖；长寿基因和短命基因决定了我们的寿命；没有语言基因，我们就不能学会说话；甚至我们是否擅长某一学科、是否乐观、是否会成功，在很大程度上也和我们的基因有很大关系……可以说，在媒体的报道中，巨大的“基因泡沫”已经形成。

于是，霍君们会产生这样的疑问：既然基因的作用这么大，我们的后天努力究竟能改变什么？在很多地方，基因成了与星座、血型并列的占卜指标。

但我不能不为基因喊一声“冤枉”，因为那是被滥用和误解的“基因”。基因所做的，不过是恪尽职守，将生命的信息代代传递下去。而科学家们研究基因的初衷，是要破解生命奥秘，征服威胁人类健康的各种疾病，解决以往无法攻克的难题。

我们当然可以随手举出很多例子，来证明“基因决定论”的荒谬。我们尴尬的是，原本代表科学产物的基因，竟然会成为一种新的迷信载体。在这里，追究科学家和媒体分别应该为这个“基因泡沫”负怎样的责任，要求媒体对科学的宣传回归理性，似乎已经成为老生常谈。

不过，我们还是不得不谈到科普的责任。我们不但要致力于宣传科学知识，让更多的人了解科学、相信科学；另一方面，我们也不得不面对这样一个群体，他们对科学极为“热衷”，并往往抱有极大的希望。他们要求看到的，是科学研究“石破天惊”的突破，是奇迹的不断产生，而无法接受“没有结果”的科学。因此，他们更倾向于忽略科学的严谨和循序渐进，而相信科学的所有不可思议之处，甚至将它作为一种新的迷信崇拜。这种借穿科学外衣的迷信，我们不能不提高警惕。

本期杂志中，《DNA 中的酒瘾开关》讲到了一些与饮酒习惯有关的基因，在这里，我们不妨把它叫做酗酒基因。拥有这种基因的人，比其他人更容易酗酒。希望读者在看这篇文章的时候，一定不要忽视作者努恩贝格尔的话：“如果酗酒风险一半是由遗传决定的，那另一半则肯定来自于其他因素。不会有人在没有作出任何错误决定的情况下，就变成一个酒鬼；只是在相同的环境中，有一些人会比其他更容易受酒精影响。”

执行副主编

郭涛



SCIENTIFIC AMERICAN
Established 1845

Editor in Chief: John Rennie
Editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, Steve Mirsky, George Musser, Christine Soares
NEWS Editor: Philip M. Yam Mark Fischetti
Contributing Editors: Marguerite Holloway, Philip E. Ross, Michael Shermer, Sarah Simpson
Art Director: Edward Bell
Vice President and Publisher: Bruce Brandfon
Chairman Emeritus: John J. Hanley
Chairman: Brian Napack
President and Chief Executive Officer: Gretchen G. Teichgraber
Vice President and Managing Director, International: Dean Sanderson
Vice President: Frances Newburg
“SCIENTIFIC AMERICAN” is a registered trade name owned by SCIENTIFIC AMERICAN, Inc., New York; it is used under license by PCW.

顾问CONSULTANT

周光召(以下按姓氏笔画)
艾国祥 李国杰 张玉台 张厚粲 赵忠贤 钟南山
姚期智 欧阳自远 郭光灿 焦洪波

2007年5月5日出版 总第17期

主管Authorities in Charge

中国科学技术协会
China Association For Science and Technology
主办Sponsor
中国科技报研究会CSSSTP

社长/主编Editor-in-chief

陈宗周Chen Zongzhou
副社长/副主编Senior Editor
李永明Li Yongming/李林Li Lin/王寿全Wang Shouquan
执行副主编Executive Subeditor
郭涛Guo Tao

编辑出版PUBLICATION

环球科学杂志社GLOBAL SCIENCE MAGAZINES
社址Address: 北京清华大学同方大厦B楼503室
电话Tel: 010-62770266
重庆运营中心Chongqing Operation Center
重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204
读者热线Tel: 023-63658888-16034

编辑部EDITORIAL DEPARTMENT

编辑Editor
董继平Dong Jiping/褚波Chu Bo
孙婷Sun Ting/虞骏Yu Jun
美术编辑Art Editor
陈松涛Chen Songtao
电话Tel: 023-63658852 / 010-62770266
E-mail: letter@sciam.cn

市场总监Marketing Director

刘芳Liu Fang
E-mail: liufang300@163.com

网站总监Web Director

栾璞Luan Pu
网址Website: http://www.sciam.cn

读者服务Reader Service Department

王镇炼Wang Zhenlian
服务热线Tel: 023-63658888-16048
E-mail: advice@sciam.cn

广告ADVERTISING DEPARTMENT

广告总代理Advertising General Agent
电脑报经营有限责任公司
China Popular Computer Week Management Co. Ltd
广告总监Advertising Director
辰华Chen Hua
广告热线Tel: 010-62780435 023-63658888-13096
广告信箱E-mail: adv@sciam.cn

发行CIRCULATION DEPARTMENT

发行总经销Chief Distributor
电脑报经营有限责任公司
China Popular Computer Week Management Co. Ltd
发行总监Circulation Director
赵晓岚Zhao Xiaolan / 吴永强Wu Yongqiang
发行经理Circulation Manager
谢磊Xie Lei
发行热线Tel: 023-63658888-12115
传真FAX: 023-63658769

印刷: 重庆建新印务有限责任公司

如发现本刊缺页、装订错误和损坏等质量问题, 请在当月与本刊读者服务部联系调换(请将坏书寄回)。

2006年1月创刊·每月5日出版

国际标准刊号: ISSN 1673-5153

国内统一刊号: CN11-5480/N

邮局订阅代号: 80-498

《环球科学》杂志, 内容系科学美国人杂志社独家授权。
版权2007属科学美国人杂志社、环球科学杂志社和重庆电脑报经营公司, 未经书面许可, 本刊任何部分均不得以任何机械、拍照、电子或录音形式翻印, 也不允许存储于检索系统, 或通过转载及其他复制方式提供给公众或私人使用。

全球变暖

遏止全球变暖 刻不容缓

政府间气候变化专门委员会的最新报告仍然低估了气候变化问题。

撰文/戴维·别洛 (David Biello)

全球变暖已经不是新鲜的话题了。近年来，越来越多的迹象证明了它的存在：冰川融化、花期提前、平均气温不断上升。实际上，在过去的12年里，有11年的平均气温超过了历史记录，在高温年份的榜单上名列前茅。2007年2月，联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的科学家和外交官们在法国巴黎展开讨论，并最终出炉了一份最新的气候报告。这份报告宣布全球变暖的存在是“不争的事实”，却省去了有关全球变暖正在加速的内容。IPCC删去了一些容易引发争议的论述，严格采用了获得同行认可的数据资料。因此，这样一份有些保守的报告，恐怕同2001年的气候报告一样，低估了全球变暖将带来的严重后果。

来自154个国家的2,000多名科学家参与了IPCC的运作，今年该机构还将发表3份后续报告。2月出炉的第一份报告只是从自然科学方面阐述了气候的变化。科学家先就与气体变化有关的各类问题（从气候改变的历史

宏观角度到具体的地区性论述）分组草拟初稿，然后交给政府官员和其他评论家评议，收回3万多份反馈意见。最后，所有的科学家和外交官齐聚巴黎，逐字逐句地修改最终报告，改掉一些用词（例如用“不争的事实”替换“显而易见”），或者删去一些尚存争议的结论。

比如，在沙特阿拉伯等国的反对下，报告删去了一句话，即人类活动对地球热量收支 (heat budget) 变化的影响是太阳的5倍。这份报告的撰稿科学家之一，英国利兹大学的皮尔斯·福斯特 (Piers Forster) 说：“事实上，这个比值应该超过10倍。”与历史数据相比，目前地球表面每平方米接受到的太阳热能增加了0.12瓦，而人类活动造成的热能增加则是每平方米1.6瓦。

这份报告的保守性还反映了气候变化这门学科本身的局限。以海平面升高为例，不同的气候模型得出的预测值都在18厘米到59厘米之间。不过，没有一种模型能够完全描述格陵兰和南极冰川的融化可能会对海平面上升带来的更大影响，因为陆地冰川的融化无法用简单的方程式来概括。

平均来说，格陵兰冰川的融化和移动速度都在加快，但这种变化并不呈简单的线性增长趋势。比方说，格陵兰的康格尔隆萨克 (Kangerdlugssuaq) 冰川在自身重力的作用下流向大海，但是冰川的融化却使它的质量减轻、厚度变薄，流向大海的速度也放缓了。此外，美国华盛顿大学伊恩·豪厄特 (Ian Howat) 的观测数据显示，康格尔隆萨克冰川融水量的增长，有80%是在短短一年内发生的，随后又稳定了下来。正如美国宾夕法尼亚州立大学的冰河专家理查德·阿利 (Richard Alley) 所说：“冰盖的质量正在减轻，而且速度越来越快，尽管这不是造成海平面

预测气候变化

尽管仍然存在不确定因素，但全球气候模型已经越来越精准了。美国哥伦比亚大学的气候模拟专家斯蒂芬·泽比亚克表示，现在的气候模型已经可以让研究人员信心十足地建立起不同的气候变化模式，并且推断它们出现的可能性有多大。

这些模型得出了一致的结论：**未来20年内，全球气温将上升0.4℃**。此外，就算从现在开始停止排放温室气体，到本世纪末，气温仍将上升0.6℃，因为海洋已经吸收了许多热量，大气中的二氧化碳也会长期发挥作用。根据IPCC最可信的估算数据，如果大气中的二氧化碳浓度比工业化之前的228 ppm翻上一番，全球气温将升高3℃。截至2005年底，大气中二氧化碳的浓度已经达到379 ppm，这是恐龙灭绝以来大气二氧化碳浓度的最高记录。



■ 气候变暖造成格陵兰岛康格尔隆萨克冰川大面积融化。

上升的主要原因,但仍然不容忽视。”事实上,许多因素都会影响格陵兰的冰盖。阿利说:“冰川就好比一头行事孤僻、行为复杂的巨型猛兽,想预测它的动向绝非易事。”

其他一些重要的因素,例如形成雷暴的对流,只能大致估算,而无法精确统计——与整个地球相比,它们的规模太小了。美国哥伦比亚大学从事气候模型研究的科学家斯蒂芬·泽比亚克(Stephen Zebiak)说:“气候模型根本不可能直接模拟这些事件,因此研究人员只能尝试考虑这些过程的整体影响。”

尽管存在一些缺陷,但全球气候模型正变得越来越可靠。如果把过去100年内影响气候变化的因素输入模型,它们就能推算100年来的气候变化情况,结果与实际的观测记录基本吻合。这让科学家们对预测未来的气候趋势更有信心。目前所有的气候模型都得出了一致的结论:未来20年内,全球

的平均气温将至少上升0.4℃。

2007年4月,IPCC公布了第二份报告,描述了全球变暖会带来影响,包括越来越频繁的大干旱、大洪水及其他极端气候现象。第三份报告会在5月公布,将探讨一些应对措施,比如用新能源替代化石燃料。在美国,政府对替代能源的开发工作仍然支持不力,尽管投入到生物燃料和氢燃料的资金预算有所增加,但其他可再生能源的研究经费却有所减少。目前投入此类研究的全部预算,甚至还比不上20世纪70年代的规模。

应对全球变暖离不开人才储备,可是阿利表示:“各国政府在寻找能源和气候问题解决方案这方面,投入的支持力度还不够大。一些学生还在犹豫,无法说服自己把这项事业当成毕生奋斗的目标。”无论如何,尽管IPCC的气候报告仍然保守,但表达的讯息已经十分明显:遏止全球变暖,刻不容缓。SN

(译/高倩 校/虞骏)

空间技术

甲烷小火箭

对于火箭专家来说,可靠的抗冲击性是个关键问题,因此他们常用自燃液体燃料(hypergolic liquid),例如肼(hydrazine)和四氧化二氮(nitrogen tetroxide),给反应控制推进器(用于操控航天器姿态的小火箭)提供动力。自燃液体燃料的两种组分一旦接触,就会自动点燃。因此,这种火箭发动机只需要两个阀门就能控制,安全可靠且易于操纵。但是这种燃料有毒,使用不便,还会污染环境。美国猎户座推进公司(Orion Propulsion,位于阿拉巴马州麦迪逊市)和轨道技术公司(Orbital Technologies,位于威斯康星州麦迪逊市)等空间技术公司,已经研制出一种以甲烷为燃料的小型火箭(产生的推力不超过100磅,约合45千克),可以避免自燃液体燃料带来的安全性问题。

天然气火箭

天然气将给未来的火箭提供动力,把人类送入太空,甚至送上火星。

撰文/史蒂文·阿什利(Steven Ashley)

很多人都知道天然气(甲烷)是日常生活中用于加热和取暖的一种燃料,然而在不远的将来,它也许还能推动宇宙飞船进入绕地球轨道,甚至到达更远的地方。世界各地的许多火箭工程师都在研究一种新型火箭发动机,它将用甲烷替代传统的液体燃料,为火箭提供动力。

过去半个世纪以来,工程师一般会选用碳氢化合物(hydrocarbon,比如煤油或氢)和低温下液化的氧作为火箭的化学推进燃料。但韩国C&Space公司(一家航天技术公司,位于韩国城南市)的戴维·赖斯伯勒(David Riseborough)指出,煤油和氢都有缺点。他说:“燃油燃烧产生的煤烟会在发动机表面沉积焦炭,造成堵塞,不利于火箭的重复使用。”氢燃料则需要昂贵的低温

储存技术,操作起来十分危险;巨大的隔热储罐还要占用空间,增加火箭的负荷。

火箭上的任何纰漏都将带来灾难,因此火箭设计人员往往谨小慎微,坚持使用技术成熟、经过多次测试的装置和推进燃料。然而近年来,科学家也开始研究其他的替代燃料,甲烷就是其中之一。甲烷的性质相对温和,可以让航天员在太空或其他行星表面更安全、更有效地工作。

与煤油相比,甲烷燃烧释放的煤烟更少,产生的推力却更大。更重要的是,甲烷可以产生更高的比冲(specific impulse)。比冲是衡量燃料燃烧效率的物理量,表示一定质量的推进燃料能够产生多少动力。

与氢相比,尽管甲烷的比冲略低一些,但它仍有许多优势。液态甲烷更稳定,挥发也

更慢。而且，甲烷的储存对隔热措施的要求更低，可以显著减少系统重量。此外，与液氢相比（液化温度为 -253°C ），液态甲烷的液化温度（ -163°C ）与液氧（ -183°C ）更为接近，使航天器的设计和操作都更加容易。甲烷燃料的另一个优势是：在未来的载人火星计划中，航天员可以就地取材，利用火星大气的主要成分——二氧化碳合成甲烷，有助于减少飞船的尺寸和重量。美国航空航天局（NASA）近期打算实施的猎户座登月计划（Orion mission），可能就会用甲烷燃料来推动月球着陆器（lunar lander）从月球表面升空，或者推动成员舱（crew capsule，航天员生活和工作的太空舱）返回地球。

在NASA的资助下，几家公司正在积累甲烷引擎的研究和制造经验。美国XCOR航天技术公司（一家火箭制造商，位于加利福尼亚州莫哈韦沙漠）的理查德·伯尔尼勒（Richard Pournelle）报告说，他们公司在2006年12月对一台推力为7,500磅（约合3,400千克）的液态甲烷—液氧火箭发动机进行了地面试验。他们的竞争对手——美国KT工程公司（位于阿拉巴马州亨茨维尔市）也预期在今年完



■2006年12月，XCOR的甲烷火箭发动机在地面试车时，喷出了锥状的火箭尾焰。这种发动机也许会用于未来的宇宙飞行。

成他们研制的甲烷火箭发动机的首次点火试验。

2006年3月，C&Space公司的工程师测试了一种甲烷—氢发动机，它可以产生20,000磅到30,000磅的推力（约合9,000千克到14,000千克）。这种发动机是在俄罗斯专家的协助下设计完成的，可以将500千克重的卫星送入地球低轨道，发射费用约为2,000美元/磅（仅为目前正常发射费用的20%左右）。这种装置还可以推动未来的亚轨道观光飞行器（suborbital tourist flights，一种在大气层外作抛物线飞行，并不环绕地球的载人航天器，

主要用于太空观光旅游），或者用作二级火箭的推进器。赖斯伯勒说：“我们相信，甲烷可以大大缩短宇宙飞船的发射周期。”

虽然甲烷燃料的应用前景诱人，但发展道路绝不会一帆风顺。以日本宇宙航空开发研究机构（Japan Aerospace Exploration Agency）联合几家风险投资公司合作研发的银河快车（Galaxy Express）火箭为例，它的二级火箭发动机设计用甲烷作为燃料，但整个计划已经因为研发费用超过预算数亿美元而被推迟。SN

（译/王栋 校/虞骏）

古人类学

“霍比特人”的新证据

撰文/JR·明克尔（JR. Minkel）

一年前，考古学家在印度尼西亚的弗洛里斯岛发现了一个头盖骨，属于一种体型很小的原始人——“霍比特人”（Hobbit，这里借用了英国作家托尔金所著的《指环王》中穴居半身人的名称）。一场激烈的学术争论紧随而来：化石发现者一方声称，这种身高1米的原始人是生活在12,000年前的一个人类分支；另一方则坚持认为，这种原始人与现代人无异，只是他们患有小头畸形（microcephaly），导致大脑无法发育到正常尺寸。最新的研究为化石发现

者的理论提供了证据。美国佛罗里达州立大学的古人类学家依照九个人类小头畸形的病例制作了头骨模型，他们发现“霍比特人”的头骨与这些模型的三维尺寸并不相符。

研究小组在2007年2月13日的《美国国家科学院院刊》上公布了这一发现。也许更重要的是，印尼官方已经重新开放了发现“霍比特人”头骨的山洞，以及这个山洞下方的另一个新发现的洞穴，那里也许隐藏着新的标本。SN

（译/刘晔 校/虞骏）



■“霍比特人”的存在得到了新证据的支持。

胎儿发育由母亲决定

母亲大脑中的化学物质能影响胎儿的发育过程。

撰文/加里·斯蒂克斯 (Gary Stix)

为了孩子，母亲可以奉献一切。这句话听上去像是母亲节贺卡上的赞美之词，不过生物学家最近在分子和细胞水平上向我们展示了其中的真理。婴儿出生前依靠母体提供营养，母体中出现的烟酒代谢物会妨碍胎儿的发育，甚至影响孩子基因的表达方式——这些事实人们早已了解。现在，法国的研究人员发现，母体的生物物质可以直接介入胎儿的发育过程。这种“母体效应”(maternal effect)模糊了母体和胎儿的生理界限，有助于科学家追踪许多疾病的起源。

法国国家科学研究中心(CNRS，位于巴黎)的雅克·马莱(Jacques Mallet)及同事首次在哺乳动物中发现，在胎儿自身能够合成血清素(serotonin)之前，这种物质是由母体提供的。血清素既是一种神经递质(neurotransmitter，在神经元之间充当信使、传递信息的化学物质)，又可以作为激素来控制胃肠系统、情绪、睡眠周期、心血管系统、痛觉感受和食欲等。

据2007年1月2日出版的《美国国家科学院院刊》(PNAS)报道，在这项实验中，研究小组的试验对象是经过基因改造的母鼠。这种母鼠缺少I型色氨酸羟化酶(tryptophan hydroxylase 1，参与合成血液中的血清素)，无法正常合成血清素。实验发现，在43个小鼠胚胎中，有37个体形偏小，大脑和其他器官的发育也出现异常。(母体内还有一种基因能合成少量血清素，这也许是只有部分胚胎出现这些缺陷的原因。)

而当母鼠能够合成血清素时，产下的大约130只幼仔中，只有不到10%在胚胎阶段出现这样的发育异常。即便对于其中一些先天无法合成血清素的幼仔来说，情况也是如此。马莱指出：“这个实验证明母体的基因可以替代幼仔的基因来发挥功能。”幼仔自身的基因要在妊娠期的最后三个月才开始发挥作用。不仅如此，他还补充说：“没有理由认为人类的情况会有所不同。现在，我们必须验证这一点。”

血清素对于胎儿的重要性，早已被前人的一系列研究所证实，马莱的工作正是基于这些发现。早在1988年，美国北卡罗来纳大学查普希尔分校的吉恩·劳德(Jean Lauder)就用体外培养的小鼠胚胎证明，血清素起到了信号分子的作用，在胚胎早期发育中扮演重要角色。她甚至提出了假说，认为血清素源自母体。劳德的实验使用了两种当时还未得到批准的药物——氟西汀(百忧解)和盐酸舍曲林(左洛复)，结果在小鼠妊娠中期出现了面部、头部和心脏发育异常。百忧解也迟迟未能得到美国药品与食品监督管理局(FDA)的批准，直到被确认不会造成怀孕小鼠畸形，它才被FDA放行。2005年，美国波士顿市福赛思再生及发育生物学研究中心(Forsyth Center for Regenerative and Developmental Biology)负责人迈克尔·莱文(Michael Levin)，在蛙和鸡的胚胎中找到了令人信服的证据，表明血清素在身体的左右不对称发育中起到信号分子的作用(比如，让心脏



■哺乳动物的胎儿从母亲那里得到的生物物质，将会影响他们的下一步发育。

长在身体左侧)。马莱的论文指出，小鼠母体的血清素可能同样在发育中起到信号分子的作用。

马莱最新的研究结果，也许会促使研究人员关注母体中不同的血清素水平，以便了解许多与该化合物有关的疾病起因，比如自闭症、苯丙酮尿症(phenylketonuria，遗传性代谢病，主要表现为智力发育落后)和肠易激综合征(irritable bowel syndrome，常见的肠道功能性疾病，主要表现为腹痛、腹胀和排便紊乱)等。这些结果也再次强调了妇女在怀孕期间停止抗抑郁治疗的重要性，因为这种治疗会影响血清素水平。血清素的缺乏或许还能解释早产儿的发育问题。

科学界对母体效应的兴趣日益浓厚。在马莱的小组公布研究报告几周之后，美国西雅图市弗雷德·哈钦森癌症研究中心(Fred Hutchinson Cancer Research Center)的J·李·纳尔逊(J. Lee Nelson)等人就在《美国国家科学院院刊》上发表了他们的研究报告，指出母亲的细胞可以在怀孕期间转移给胎儿(参见2006年第6期《环球科学》的《婴儿永远在母亲“脑”中》一文)，这些细胞能够转变成功能健全的胰岛β细胞，在胎儿

体内合成胰岛素。这项研究展示了微嵌合现象（microchimerism，某一个体的少量细胞转移到另一个体内的现象）带来的好处。大多数有关微嵌合的研究（不论是从母体转移到胎儿，还是从胎儿转移到母体）都专注于可能引发的自体免疫效应，不过科学家一直在考虑微嵌合现象可能带来的好处。

马莱在继续研究母体的血清素。他的研究小组曾经在 20 世纪 80 年代中期，率先克

隆出血清素和 I 型色氨酸羟化酶的基因。福赛思再生及发育生物学研究中心负责人莱文指出，要确定血清素如何到达胎儿体内，到达之后又发挥了什么作用，需要进行更进一步的研究——这正是马莱现在所做的工作。他的实验室还计划寻找其他来自于母体、并参与胚胎发育过程的神经递质和激素，这项研究将给“母爱无止境”赋予新的内涵。

（译 / 周林文 校 / 虞骏）

宇宙学

暗物质不太黑

暗物质也许可以发射出足以被我们探测到的辐射。

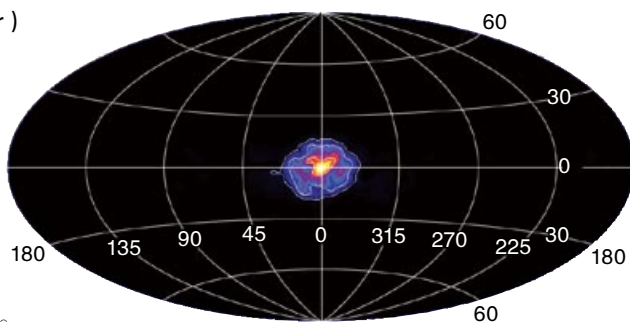
撰文 / 乔治·马瑟 (George Musser)

暗物质与百年战争（14 世纪到 15 世纪爆发的英法战争）的相似之处，或许是我们都名不副实：百年战争持续了 116 年，暗物质也许并不黑暗。传统观点认为，暗物质最大的特点就是漆黑一片。

宇宙中的恒星和气体总是莫名其妙地偏

离轨道，一定有什么东西在拉扯它们。天文学家为此展开了搜索，结果一无所获。所以，不论这东西到底是什么，它都不会发光，也不会吸收光线——这就是“暗物质”（dark matter）这个名字的由来。事实上，如果暗物质能够与光相互作用的话，星系甚至根本不会存在：充斥在早期宇宙中的光线会与物质纠缠在一起，让它们无法凝结成团块。

然而，天文学家很多年前就开始猜测，暗物质也许给宇宙中某些无法解释的光源提供着能量。这种说法一直存有争议——至少无法解释所有的不明光源，因为不同的光源要求暗物质粒子拥有不同的性质。现在，两位研究者找到了一种方法，可以让暗物质解释看起来更为合理。美国哈佛—史密森天体物理中心（Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics）的天文学家道格拉斯·芬克拜纳（Douglas Finkbeiner）说，“这实际上统一了各种理论，能够用一种新型粒子解释一切”。



■我们在银河系中心看见的反物质，可能是暗物质的产物。

与反暗物质结合是暗物质发光的一种方法。正反暗物质粒子会彼此湮灭，最终变成伽马射线。10 年前，康普顿伽马射线天文台（CGRO，美国的天文探测卫星，于 1991 年发射升空）发现，宇宙中伽马射线的强度是常规过程产生的伽马射线的两倍。如果暗物质粒子的质量是质子的 100 倍，多出的伽马射线就可以用正反暗物质湮灭来解释。

另一条线索要追溯到 20 世纪 70 年代初，当时天文学家探测到了大量电子与正电子（positron，电子的反物质粒子）的湮灭。许多天体（例如超新星和中子星）都能产生正电子，但数量远低于观测到的数值。此外，能够产生正电子的天体一般位于银河系星盘平面上，而电子湮灭产生的辐射却呈椭球状分布。2003 年，一个研究小组提出，暗物质湮灭能够产生正电子。正电子很轻，因此暗物质粒子的质量也应该很轻——大约是质子的 1/1000。显然，这种理论与 CGRO 的观测

在黑暗中发光

在银河系的核心深处，或许能够真真切切地看到暗物质发出的光线。2006 年，美国斯坦福大学的伊戈尔·莫斯卡连科（Igor Moskalenko）和斯坦福线性加速器中心（Stanford Linear Accelerator Center）的魏立（Larry Wai）给一个古老的想象赋予了新的内涵，他们提出，一颗恒星可以吸附大量暗物质粒子，以至于在恒星内部，正反暗物质湮灭产生的能量会超过核聚变产生的能量。这些辐射在逃出恒星的过程中，能量会逐渐降低，从伽马射线变成可见光和红外线。事实上，天文学家已经在银河系中心发现了异常明亮的恒星。美国犹他大学的天文学家保罗·贡多洛（Paolo Gondolo）评价说：“这是一个极具吸引力的想法。”其他天文学家则持怀疑态度。美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的马克·莫里斯（Mark Morris）就认为：“银河系中心的明亮恒星根本不是问题，不需要这种理论来加以解释。”

结果矛盾。另外，如果暗物质粒子真有这么轻，粒子实验室早就应该发现它了。

芬克拜纳和美国纽约大学的粒子物理学家尼尔·韦纳(Neal Weiner)可以用同一种重粒子解释这两项看似矛盾的观测。在2007年1月召开的美国天文学会(American Astronomical Society)年会上，芬克拜纳提出了自己的看法，认为这种粒子可以在两者之间转换，将一部分动能转化为内能，于是它们就可以分裂出一个电子和一个正电子。

碰巧的是，星系内部暗物质粒子的动能刚好等于产生正负电子对所需要的能量。两个暗物质粒子相距 10^{-14} 米时，如果它们通过一种未知的自然力发生相互作用，就可以将动能提取出来，产生正负电子对。粒子之间如此近距离擦肩而过发生的几率，是两个粒子直接碰撞(湮灭的先决条件)发生几率的1万倍。事件发生几率的比值，使这种理论既能解释CGRO的观测结果，也能阐明科

学家观测到的正电子数目。美国加利福尼亚大学欧文分校的粒子物理学家冯孝仁(Jonathan Feng)评论说：“与迄今提出过的其他理论相比，这种解释更加自然一些。”

这种解释需要引入一种新的作用力，两位研究者声称，新的粒子必然会带来新的作用力。韦纳说：“如果我们的模型成立的话，银河系中心的正电子信号就将激励我们探寻暗物质的另一种动力学特性。”他们的模型也许还能解释天体物理学中的其他谜题。比如，暗物质可能是让星系际气体保持高温的热源。无论如何，美国航空航天局(NASA)的伽马射线大视场空间望远镜(GLAST)定于今年秋天发射，它将有能力对模型进行检验。科学家将逐渐揭露暗物质的真相，弄清它们是什么，能够干什么。这些粒子将获得自己的名字，而“暗物质”这个代表着无知的术语，终将被我们抛弃到无尽的黑暗之中。

(译/张博 校/虞骏)

替代医学

修复大脑损伤

在美国，每150名儿童就有1名会受到自闭症的影响(据保守估计，中国儿童的自闭症发病率约为1/1000)。尽管有关自闭症食疗的研究尚处于初级阶段，但科学家们对这种疾病遗传基础的研究已经取得了长足的进步。他们发现，一种叫做MECP2的基因变异体会引发瑞特综合征(Rett Syndrome，一种遗传性神经系统疾病，多发于女孩，患者会智力迟钝)，这是自闭症引起的最严重的身体疾患。

英国爱丁堡大学的艾德里安·伯德(Adrian Bird)带领的一个课题小组最近证实，小鼠体内的MECP2基因恢复活性后，它们的神经损伤会有所好转，抖动会被根除，而且某些原本奄奄一息的小鼠也会恢复呼吸。其他更常见的自闭症症状涉及许多基因，不过新的研究让人们相信，科学家有朝一日将发明新的疗法，使饱受该病症折磨的儿童的大脑恢复正常。

食疗对抗自闭症

不吃面包和牛奶就能减轻自闭症吗？

撰文/马克·阿尔珀特(Mark Alpert)

网络上那些五花八门的资料宣称，一份没有麸质(gluten)和酪蛋白(casein)的食谱，对自闭症有着神奇的疗效。自闭症的患者多是儿童，他们的特征是交流能力有所减退。一些患儿的父母热情地宣传这种饮食疗法，他们声称，一旦把麸质(一种存在于小麦、黑麦和大麦中的植物蛋白混合物)和酪蛋白(奶制品中的主要蛋白质)从三餐中剔除，患儿的病况就有了惊人的好转。调查显示，多达40%的自闭症患儿曾经接受过专门的饮食疗法。对食疗的热衷主要是因为心理上的期盼，并非源自科学，因为迄今为止，研究人员还无法给出有力的证据，证明干涉饮食可以减轻自闭症的症状。不过最近，已经有研究人员开始进行首次严格的饮食实验，可望在一年内得到明确的结果。



食物选择：自闭症患者的家人想要知道，一些特殊的食谱是否能够减轻症状。

这种食疗方法基于以下假设：患有自闭症的人往往肠胃功能不正常，使得进入身体的消化副产物数量异常增加。一种假说声称，麸质和酪蛋白的副产物会破坏大脑功能，因为它们能改变阿片类物质(opioid)的活性，这种活性跟疼痛调节和社会交往有关；另一种学

说则认为，那种肠胃功能紊乱能够诱发有害的免疫反应。这些假说都尚未得到证实。事实上，科学家甚至还没有确定，自闭症患者出现肠胃问题的几率是否高于普通人。但是，我们对自闭症的成因知之甚少，再加上这种病症极为多变，一些研究人员宁愿相信，麸质和酪蛋白可能会通过某种方式（也许正是引发肠胃不适）加剧一些儿童的病症。

不过，最初对不食用麸质及酪蛋白的食疗所作的研究存在着严重的缺陷。尽管有6个研究小组报告称，自闭症儿童接受食疗数月后，在行为和认知方面有所好转，但几乎所有的研究小组都没有采用对照研究——即让另一组患者继续食用麸质和酪蛋白，观察两组患者的不同表现。由于研究人员没有将接受食疗的儿童与对照组

进行比较，他们也就无法确定，这种行为和认知上的改善到底是食疗的效果，还是因为患儿的成长，抑或是同期进行的其他疗法所致。

相反，新近进行的研究包含了对照组，并采用了双盲设计：研究人员和家长都不知道自闭症儿童是否食用了麸质和酪蛋白，对儿童行为的评价就不会受到心理因素的影响。美国加利福尼亚大学戴维斯分校的罗宾·汉森（Robin Hansen）领导的一项研究中，所有的受试者都将接受两个月的无麸质食谱治疗，而在接下来的两个月里，一半的受试者将食用含有麸质的日常点心，另一半则食用外表一模一样的无麸质点心。美国罗彻斯特大学的苏珊·海曼（Susan Hyman）也在进行一项类似的研究，检验麸质和酪蛋白对行为的影响。美国匹兹堡大

学医学中心的一项研究则将探讨无麸质、无酪蛋白的食谱与 $\omega-3$ 脂肪酸联合使用的效果——后者是另外一种流行的、却未经证实的自闭症治疗药物。

然而，研究人员在招募自闭症患者时遇到了一些困难。很多坚信无麸质、无酪蛋白食疗疗效的家长不愿意参加这些研究，因为他们的孩子可能被分到对照组，从而摄入这些“有害”的物质。汉森说她原本希望招到60个受试者，现在已经降到30个了。她的实验结果将在6个月内出炉。美国费城儿童医院地区自闭症中心的主任苏珊·E·利维（Susan E. Levy）说：“这项研究做起来很困难，不过极有价值。希望一年后我们可以获得更多的相关知识。”

（译 / 贾明月 校 / 虞骏）

生态

河口的生态危机

社会发展的代价是河流入海口的生态系统退化。

撰文/罗杰·多伊尔（Rodger Doyle）

河流入海口是淡水与海水交汇的地方，那里生态环境变化多端、异常复杂，也是许多经济种群（极具经济价值的生物物种）重要的栖息地。入海口和近海水域都受到了大致相同的环境压力的影响，生态系统长期退化。实际上，联合国在2006年宣称，中国最大的两条河流——长江和黄河的入海口已经成为“死亡区”。不仅河流入海口和近海海域的环境遭受破坏，连更广阔的海洋也同样受到影响。

为了评估河流入海口和近海海域的受害程度，重建它们的生态史，加拿大达尔豪西大学（Dalhousie University，位于加拿大新斯科舍省哈利法克斯市）的海克·K·洛策（Heike K. Lotze）领导的一个国际研究小组

分析了数百份文件。研究小组集中分析了12个位于温带地区的河流入海口及近海生态系统，它们长期受到人类发展活动的影响，短的有150年，最长的甚至达到2,500年。他们在每一片海域考察了30~80个物种，测定了7种水质参数，还收集了外来物种入侵的数据。

通常，在狩猎采集和农业时代，近海生态环境的退化程度较小。（不过，即使是史前人类也可以造成破坏；在美国旧金山湾，早期狩猎者捕尽了海獭、巨鹅、白鲟和当地的牡蛎种群。）大约300年前，市场经济开始发展，生态系统的生物多样性便急速降低。然而，过去50年来也出现了一些改善的迹象：鸟类的数量有所上升，爬

行动物、哺乳动物以及植物的数量也大体保持稳定，只有无脊椎动物和鱼类的数量急剧减少。退化最严重的生态系统，是那些受到高强度商业活动

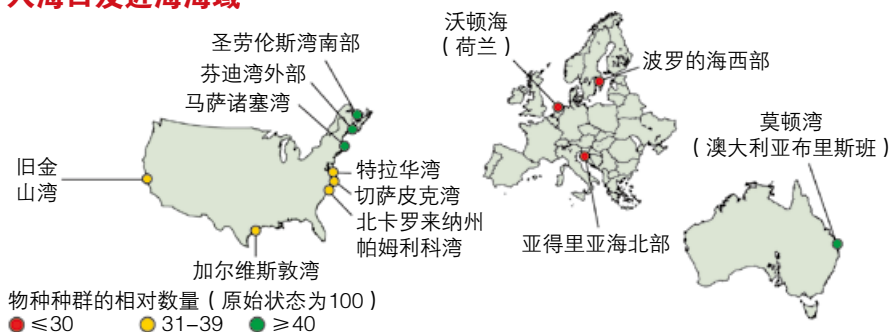
地区	剩余物种百分比	人类影响年数
亚得里亚海北部	25	2,500
沃顿海	28	1,000
波罗的海西部	30	1,000
北卡罗来纳州帕姆利科湾	31	300
特拉华湾	32	240
切萨皮克湾	35	240
旧金山湾	35	180
加尔维斯敦湾	37	180
莫顿湾	40	150
马萨诸塞湾	42	320
圣劳伦斯湾南部	44	240
芬迪湾外部	47	240

影响时间最久的地区，比如亚德里亚海北部、波罗的海西部和沃顿海。

到 20 世纪末，他们研究的物种有 91% 出现了衰竭（即种群数量减少了一半以上），31% 的物种已经十分罕见（减少了 90% 以上），7% 的物种已经灭绝。种群数量的减少无法用外来物种（例如软壳蛤）的入侵来解释，也不是气候变化的结果。

过去 100 年来，包括芬迪湾外部、圣劳伦斯湾南部和马萨诸塞湾在内的一些近海海域，物种种群数量有所增

入海口及近海海域



加，这显然要归功于保护得力。其他海域种群数量的减少速度也已放缓。洛策及其同事认为，这些趋势表明生

态系统退化已经度过低谷期，开始踏上复苏之路，不过速度仍然缓慢。SY

（译 / 丁莉 校 / 虞骏）

疫苗

市场力量推动疫苗开发

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)

2007 年 2 月 9 日，来自意大利、英国、加拿大、挪威和俄罗斯的官员在罗马会晤，宣布以上各国政府将提供 15 亿美元，向发展中国家提供抗肺炎球菌 (*pneumococcus*) 的疫苗。在可以用疫苗预防的疾病中，肺炎球菌是 5 岁以下儿童的头号致死病毒（据称，每年有 100 万儿童死于肺炎球菌感染）。意大利等国旨在建立“先进市场推动疫苗计划” (Advance Market Commitment)，鼓励制药厂加快推出新一代肺炎球菌疫苗。这项政策要求捐助国为一定数量的疫苗支付费用，一旦基金被用完，参与此项计划的疫苗生产商必须以低于成本价的优惠价格供应疫苗。在一部分地区，现有的疫苗仅能抵御 50% 的肺炎球菌感染病例；不过惠氏 (Wyeth) 和葛兰素史克 (GlaxoSmithKline) 两大制药公司正在开发的疫苗都有望把这一数字提高到 80% 左右——有效性能否达到这一水平，是一种疫苗能否得到资助的评判标准。SY

（译 / 刘旻 校 / 虞骏）

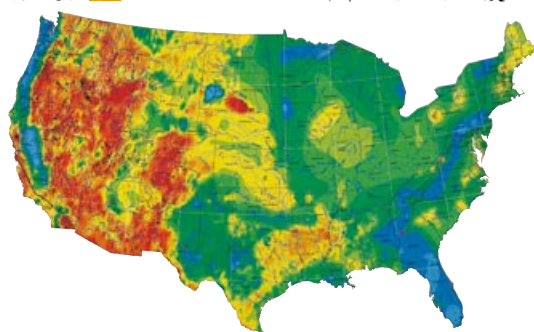
能源

用之不尽的地热资源

撰文/戴维·别洛 (David Biello)

美国麻省理工学院的一个 18 人研究小组得出结论：地热电站能够提供的电量，是美国电力需求量的上千倍。地热电站借助地层深处被加热的液体或气体进行发电。研究小组提议，向高温岩床钻探，并建造露天蓄水池将水送入地下加热，用这种方式建造更多的新型地热电站。研究人员估计，大约有 1.3×10^{25} 焦耳的能量被埋在美国国土之下，其中有 1.5% 都是可再生能源（如果不考虑利用这些能源的额外花费的话）。在未来的 40 年内，用 10 亿美元便可开发超过 1,000 亿瓦的地热能（相当于美国当前发电量的 1/10），这个费用仅相当于兴建一座碳捕集燃煤电厂，或者 1/3 座核电站。不过这一设想也面临挑战：不当开采地热可能引发地震，应该想办法避免类似瑞士巴塞尔的事件再次重演。（2006 年 12 月，瑞士巴塞尔一个地热开采钻井钻至地表 5,000 多米岩石深处，通过灌水加压提取地热时，突然引发里氏 3.4 级的地震，并在随后的几天内多次发生余震，所幸没有造成房屋倒塌和人员伤亡。）SY

（译 / 刘旻 校 / 虞骏）



■ 地热蕴藏的能量可满足整个美国的电力需求。在这张美国的地热分布图中，颜色代表了每平方米蕴藏的能量，红色最高（150 毫瓦），蓝色最低（25 毫瓦）。

晶体管

金属铅帮晶体管“减肥”

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)

2007 年 1 月，英特尔宣布他们进一步缩小了晶体管的尺寸，方法是用金属铅替代绝缘层中的氧化硅。绝缘体在晶体管中调节不同部件之间的电流，因此能够控制晶体管的开关速度。此外，晶体管体积越小，芯片的集成度就越高。但是随着硅基绝缘材料体积的减小，电子泄漏问题便会凸显，使芯片运转时的能耗越来越大。在这么小的尺寸下，铅比硅材料有更好的绝缘性能，更不容易漏电。利用这种金属，英特尔期望他们能将晶体管的尺寸极限从目前的 65 纳米缩小到 45 纳米，使晶体管小型化之路按照预期发展下去。IBM 也声称，他们计划在 2008 年推出类似的改进型晶体管。SY

（译 / 刘旻 校 / 虞骏）

物理

光与物质的移形换位

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)

1999年,美国哈佛大学的莱娜·豪(Lene Hau)及其同事把光速从每秒近30万千米,降低到每小时61千米。几年后,这个研究小组又成功地让一束光彻底停滞下来。现在,豪博士的研究小组又玩出了新的量子把戏:他们把光变成了物质,然后又变了回去。这种中间物质是两团超低温原子气体——玻色-爱因斯坦凝聚物(Bose-Einstein condensate, BEC)。在豪博士的实验中,一束激光脉冲照射到第一团BEC,将它的能量传递给凝聚物。这团凝聚物中的原子携带着能量,以物质波的形式前进了160微米之后,撞击另一团BEC,并被它吸收。结果,这些原子发出了和最初一模一样的光脉冲。2007年2月8日的《自然》杂志公布了这项成果。豪博士推测,这项技术有一天会被应用于光通讯或超精确导航系统之中。SA

(译/刘旻 校/虞骏)

生物

薰衣草油 = 雌性激素?

撰文/查尔斯·Q·蔡(Charles Q. Choi)

薰衣草油(Lavender)和其他芳香油可能导致男孩的胸部发育。美国科罗拉多大学丹佛分校的儿童内分泌专家克利福德·布洛赫(Clifford Bloch)诊断了3名男孩(年龄分别为4岁、7岁和10岁),他们在其他方面都发育正常,只是患上了罕见的青春期前男性乳腺发育症(prepubertal gynecomastia)。这3名男孩都使用过具有薰衣草香味的香皂或沐浴液,或者添加了薰衣草油和茶树油的洗发精或发胶。在停止使用上述产品几个月后,男孩的乳腺发育症状有所减轻。布洛赫在美国国家环境卫生科学研究所(NIEHS)的同事们,测试了薰衣草油对实验室培养的人类乳腺癌细胞基因表达的影响,结果发现这种物质可以起到雌性激素的作用,并对雄性激素产生抵制。薰衣草油对青春期前的女孩、青春期的青少年或成年人是否存在类似影响,目前还不清楚。研究人员将他们的发现发表在2007年2月1日的《新英格兰医学杂志》上。SA

(译/刘旻 校/虞骏)



距离世界末日只有“五分钟”

撰文/萨尼亚·贝尼奥斯
(Thania Benios)

2007年1月,“末日钟”(doomsday clock)被调快了两分钟,代表着全球发生毁灭性灾变的可能性有所增加。这个象征性的时钟是参与过曼哈顿计划(Manhattan Project, 美国研制原子弹的秘密计划)的科学家在1947年设立的,由美国《原子科学家会刊》(Bulletin of the Atomic Scientists)理事会负责“维护”。此前,末日钟只考虑全球核武器扩散带来的危险,此次是理事会首次将气候变化带来的危险考虑进来。

末日钟现在的时刻:	11:55 PM
末日钟设立60年来, 时刻变更的次数:	
调快:	11次
调慢:	7次
1953年末日钟的时刻 (距离午夜子时最近):	11:58 PM
1991年末日钟的时刻 (距离午夜子时最远):	11:43 PM
核弹头数量:	
全球:	27,000枚
美俄两国:	26,000枚
随时待命准备发射的 弹头:	2,000枚

来源:美国《原子科学家会刊》公告, 2007年1月17日
末日钟时刻变更的详细清单及具体原因, 请见环球科学网站:
<http://www.sciam.cn/>

粒子物理

大型强子对撞机发生爆炸

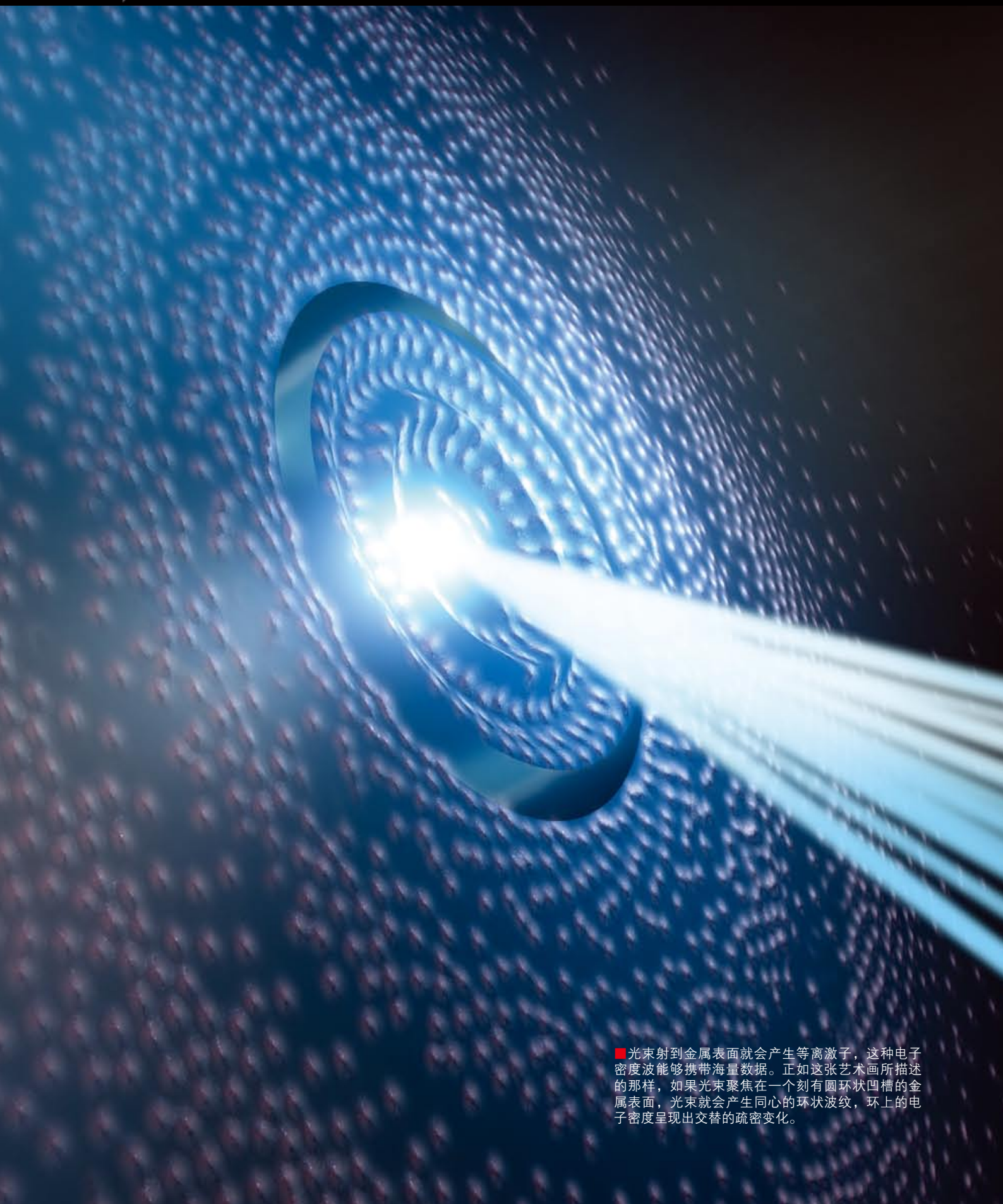
撰文/Steed

2007年第4期的《环球科学》曾经报道,在寻找希格斯粒子方面,与费米实验室相比,欧洲即将建成的、世界上最大的加速器——大型强子对撞机(Large Hadron Collider, LHC)已经处于下风(参见《寻找希格斯粒子》一文)。然而,就在第4期杂志付印出版之际,2007年3月27日,在对LHC的实验设备进行高压检测时,用于聚焦质子束的四极磁体系统(quadrupole magnet system)发生爆裂。爆炸产生的巨响令在场的工作人员听力受损,不过没有造成其他伤亡。这起事故的原因正在调查,很可能是磁体设计失误造成的。无论如何,LHC磁体的相关部分都不得不重新设计建造。换句话说,LHC已无法在今年按计划启动,对微观粒子世界的终极探寻将被迫延期。SA

等离子激子 的神奇应用

撰文 哈里·A·阿特沃特 (Harry A. Atwater)
翻译 孙志军

公元 4 世纪的一只古罗马高脚杯，会在不同的光照条件下神奇地变色，这是古代匠人无意间利用了等离子激子效应的结果。光波可以束缚在金属表面，以电子波的形式传播——这种电子波就是等离子激子。如今，利用这一物理现象，科学家能够将光信号压缩到纳米级线路之中，让处理器芯片的计算能力实现革命性飞跃；还能精准地消灭肿瘤细胞、提高发光二极管的亮度、增强生化探测器的灵敏度，甚至制造隐身衣，让庞大的太空船消失于无形。



■ 光束射到金属表面就会产生等离激子，这种电子密度波能够携带海量数据。正如这张艺术画所描述的那样，如果光束聚焦在一个刻有圆环状凹槽的金属表面，光束就会产生同心的环状波纹，环上的电子密度呈现出交替的疏密变化。

光是传输信息的美妙载体。通过布满全球的光纤，光信号将海量的语音信息和数据资料传递到各个地方。这种大容量的信息处理能力使一些科学家预言，总有一天，引导和操纵光波（或电磁波）的光子器件将代替目前被广泛应用于微处理器和其他电脑芯片中的集成电子器件。但遗憾的是，光子器件的大小和性能受限于衍射极限（diffraction limit）：比如，由于光波的干涉效应，光纤的宽度必须大于光纤中光波波长的一半。如果在芯片上集成光子器件，所采用的光波将很可能是波长为 1,500 纳米（1 纳米为十亿分之一米）的红外光。这样一来，引导光波传播的器件宽度，将远大于目前已经实际应用的那些最小的电子器件尺寸（硅基集成电路中一些晶体管的尺寸已小于 100 纳米）。

不过，近来科学家们找到了一种新的方法，可以通过纳米结构来传输光信号。早在 20 世纪 80 年代，就有研究人员通过实验证实，沿着金属和介质（不导电的材料，如空气或玻璃）的界面传播的光波，在合适的条件下，能够与悬浮在金属表面的自由电子发生谐振。（在金属导体中，电子可以脱离内部单个原子或分子的紧密束缚而自由运动。）换句话说，在这种情况下，金属表面电子的振动和金属外光波（电磁波）振动的节奏可以相互匹配。结果就产生了表面等离子激子（surface plasmon）——一种沿着金属与介质的界面传播的电子密度波，就好像是在池塘里扔了一块石头所激起的涟漪，在水面上向周围扩散。

过去 10 年的研究表明，通过创造性设计金属和介质的界面，研究人员可以产生频率与外部介质中的电磁波相同的表面等离子激子，而它的波长却小得多。这个现象使得等离子激子可以沿着纳米尺度的金属线（所谓的“互连”）传播，在微处理器之间传递信息。长期以来，电子芯片的设计者们总能开发出体积更小、速度更快的晶体管，但是在建造能够在芯片中快速传输数据的微小电子线路方面，他们却屡屡遇到阻碍。等离子激子波互连的出现，有可能解决这个问题。

2000 年，我所在的美国加州理工学院研究小组给这个新兴学科起了个名字：“Plasmonics”（“等离子激子学”）。我们预感，这一领域的研究很可能导致一类全新器件的出现。

概述 / 等离子激子

- ◆ 研究人员发现，他们可以用光波产生一种被称为“等离子激子”的电波，从而将光信号塞到纳米级电路之中。
- ◆ 等离子激子电路可以帮助电脑芯片设计师建立高速数据传输通道，让大量数据在芯片中传递。等离子激子部件还可以提高显微镜的分辨能力、发光二极管的发光效率，以及分子与生物探测器的灵敏度。
- ◆ 一些科学家甚至推测，等离子激子材料可以改变一个物体周围的电磁场，使它拥有隐身能力。

这种等离子激子器件将在许多仪器中得到应用，比如提高显微镜的分辨率、发光二极管（LED）的发光效率，以及生物化学探测器的灵敏度等。同时，科学家们也在探索等离子激子在医学领域的应用，比如设计一些微小的颗粒，可以利用等离子激子谐振时的增强吸收来杀死肿瘤组织。有些研究者还在理论上证明，利用某种等离子激子材料可以改变物体周围电磁场的分布，甚至能够令物体“隐形”。虽然还不能证明所有这些潜在的应用都切实可行，但研究人员还是热衷于等离子激子学的研究，因为它将真真切切地“照亮”神秘的纳米世界。

让波长更短

巧妙地设计金属和介质的界面，就能把电磁波的波长缩短 10 倍，将它们塞进纳米尺寸的线路结构之中。这些纳米器件将能迅速传输海量数据，让处理器的计算能力实现革命性飞跃。

早在一千多年前，炼金术士和玻璃匠人就已经知道，在玻璃中掺入微小的金属颗粒，能制造出彩色的玻璃窗和高脚杯，这其实是在无意中利用了等离子激子效应。最著名的当数“莱克格斯杯”（Lycurgus cup）了（见第 20 页的插图），这个现今保存在大英博物馆里的古罗马高脚杯，制造于公元 4 世纪。掺入杯子玻璃的金属颗粒中的电子，在可见光的照射下，会受到波长较短的蓝光和绿光的激发，产生等离子激子谐振，因此杯子对蓝绿光有更强的吸收和散射能力。当杯子被外部光源照亮时，我们看到的是玻璃反射的光线，等离子激子的散射作用使杯子看上去呈现出绿色；如果将一个白色光源放进杯子，由于波长较短的光会被吸收，波长较长的光才能透射过来，这时候的杯子看上去就呈红色了。

对表面等离子激子真正的研究始于 20 世纪 80 年代。当时，化学家们主要利用拉曼光谱学（Raman spectroscopy）来研究这一现象，即通过观测激光被样品散射后的光谱来确定分子的振动形式，进而分析样品的分子结构。1989 年，当时还在日本 NEC 研究所工作的托马斯·埃布森（Thomas Ebbesen）发现，当光照射在一个穿有上百万个微小孔隙的金薄膜时，透过金膜的光波能量居然超过了 he 根据孔的数目和大小估算的数值。9 年后，埃布森和同事们得出结论：金膜表面的等离子激子增强了光波能量的透射。

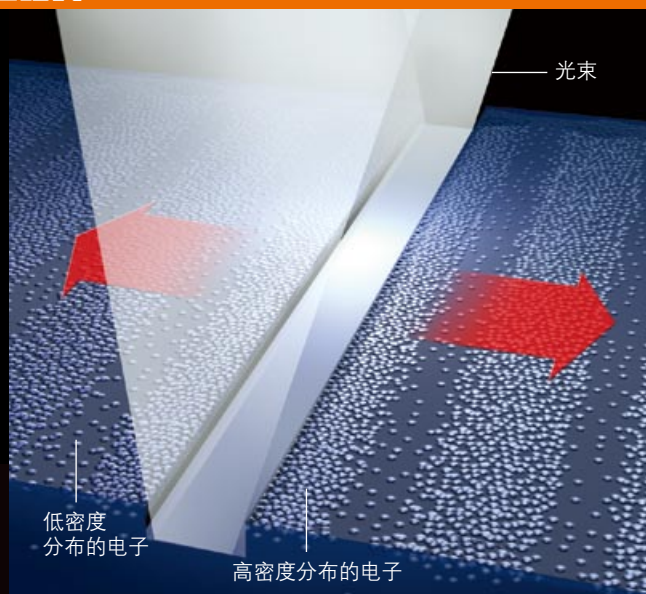
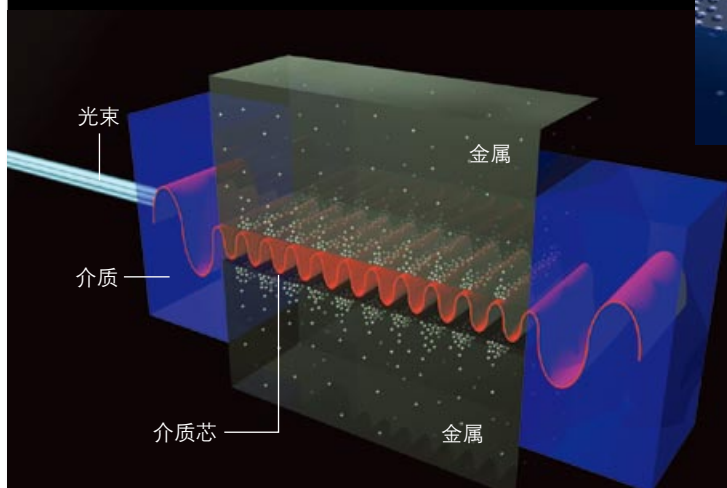
新型“超材料”（Metamaterial）的发现又一次推动了等离子激子学领域的发展。在这种超材料中，电子的振动能带来许多令人惊奇的光学性质（参见 2006 年第 8 期《环球科学》上的《超透镜 颠覆光学常识》一文）。另外两个

把光塞进细线

虽然等离激子学是一个相对崭新的研究领域，但是科学家们已经研制出了一些器件的雏型，展现了等离激子技术的应用前景。

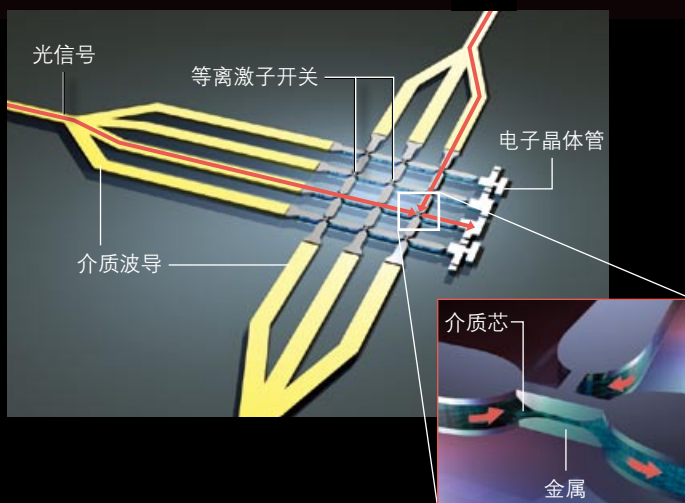
平面波导

等离激子总是沿金属和介质（如空气或玻璃等不导电材料）的边界传播。例如，将光聚焦在金属上的一条直槽中，就会激发沿着金属表面一层很薄的平面（即金属和空气的界面）传播的等离激子。尽管等离激子在这种平面波导中能够传播几厘米，足以在芯片的不同部分之间传递信号，但是要在一个处理器芯片内部的纳米结构中传输数据，这种结构还是太大了。



槽型等离激子波导

科学家们将介质置于波导的中间，周围用金属包裹，从而建造出更小的等离激子线路。这种槽型等离激子波导可以将光信号的波长压缩10倍以上。一些研究人员已经制备出了宽度仅为50纳米的槽型等离激子波导，这与目前最小的集成电路元件尺寸相当。这种等离激子结构的数据传输量远大于电子线路，但是它的信号传输距离还不能超过100微米。



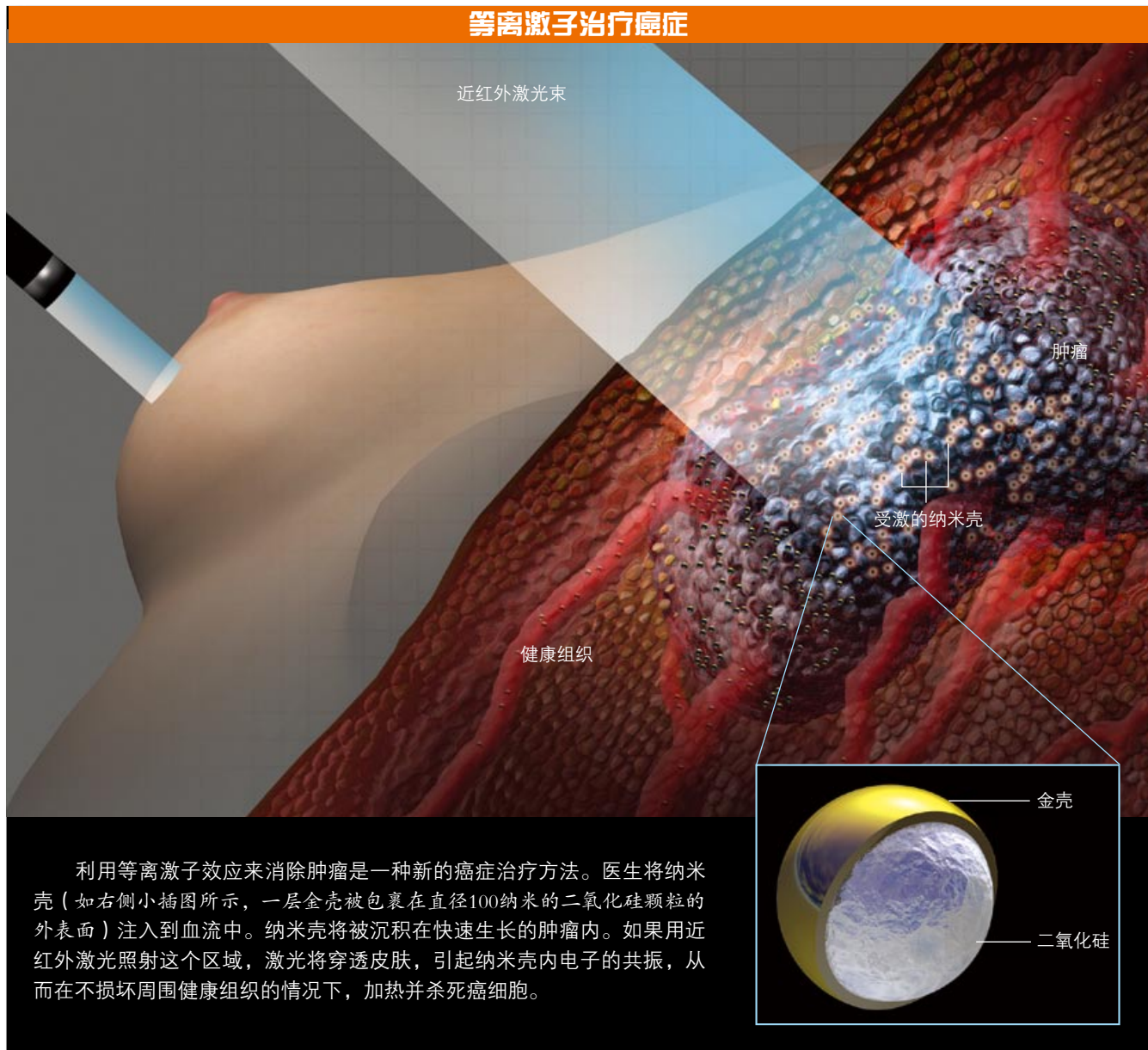
运行速度更快的芯片

槽型波导能够迅速将大量的数据传输到进行逻辑运算的电路结构之中，从而显著提高计算机芯片的运行速度。如左图所示，相对较大的介质波导将光信号送入等离激子开关（即“等离激子管”）阵列，接着信号又被依次分配给各个电子晶体管。等离激子管由槽型等离激子波导构成，最宽处为100纳米，而交叉点（见放大图）的宽度只有20纳米。

因素也加速了等离激子学领域的研究进展：一个是近年来计算机能力的提高，使研究人员可以准确模拟由等离激子效应产生的复杂电磁场；另一个则是各种制备纳米结构新方法的出现，使得制造和测试尺寸极小的等离激子器件和线路成为可能。

初看起来，用金属结构来传输光信号似乎是不现实的，因为金属对光具有很强的吸收损耗能力。当金属中的电子在光波电磁场的作用下发生振动时，它们会跟周围的原子晶格相互碰撞，很快就会将电磁场的能量耗散殆尽。但是，光波以等离激子的形式沿着金属和介质的界面传播时，损耗却要

等离子激子治疗癌症



低于在金属内部的传播，因为电磁场扩展到了不导电的介质材料之中，那里没有可以振动的自由电子，消耗能量的碰撞也就无从发生。这个性质自然而然地将等离子激子限制在了毗邻介质的金属表面；举例来说，在介质和金属层叠而成的三明治结构中，表面等离子激子只在介质与金属界面所在的一个很薄的平面内传播（参见第17页上侧插图）。

由于这些平面型等离子激子结构能够像波导（waveguide）一样，使电磁波沿金属和介质的界面传播，因此可以用来在芯片上传送信号。虽然光信号在金属中遭受的损耗超过在玻璃之类的介质中的损耗，但是等离子激子还是能够在金属薄膜波导中传播几厘米才逐渐消失。如果采用一种非对称的波导模式，使更多的电磁波能量从波导的

金属薄膜中转移到相邻的介质中去，就可以降低损耗，最大限度地增大等离子激子波的传播距离。同时，由于金属薄膜上下表面的电磁场之间存在着相互作用，所以等离子激子波的频率和波长可以通过改变膜的厚度加以调节。20世纪90年代，丹麦奥尔堡大学的谢尔盖·博热沃尔内（Sergey Bozhevolnyi）和加拿大渥太华大学的皮埃尔·贝里尼（Pierre Berini）领导的小组，分别开发出了平面型等离子激子波导器件，它们能够实现现有介质波导器件具有的许多功能，比如导波的分支等。这些结构能够用来在芯片的不同部分之间传输数据，但是要在内部结构仅有纳米尺度的处理器芯片中传送信号，与等离子激子一同出现的电磁波还是显得太大了。

为使等离子激子能够通过纳米尺度粗细的线来传播，研究人员探索了其他更为复杂的波导结构。这些结构能够减小用来传送信号的电磁波的波长，将它们压缩到很小的空间之中。20世纪90年代末，我所在的研究小组和奥地利格拉茨大学约阿希姆·克伦（Joachim Krenn）领导的小组，同时开始研制这种“亚波长”表面等离子激子波导。我的同事、加州理工学院的斯特凡·梅尔（Stefan Maier）制造了一种由金粒组成的线型“链”式波导结构，其中每个金粒的大小都不到100纳米。用一束波长为570纳米的可见光激发金粒内电子的谐振，就可以产生沿着金粒链传播的表面等离子激子。这些等离子激子被限制在一个平面型的传播路径之中，厚度仅为75纳米。格拉茨大学的研究小组也获得了类似的结果，并拍到了沿着金粒链传播的等离子激子的图片。不过，这些纳米导线的吸收损耗较高，信号在消失前，只能传播几百纳米到几微米（1微米等于百万分之一米，即1,000纳米）的距离。因此，这种波导只适用于很短距离之间的互连。

值得高兴的是，只要让波导结构内外翻转——将介质置于波导的中间，而让金属环绕在周围（参见第17页中间的插图），就可以最大程度地减少这种吸收损耗。这种器件被称为槽型等离子激子波导（plasmon slot waveguide）。调节中间介质层的厚度，就可以改变其中传播的等离子激子的波长。我的研究小组和美国斯坦福大学马克·布龙格什马（Mark Brongersma）领导的研究小组已经证明，通过这种槽型等离子激子波导，信号能够传输几十微米的距离。日本国立材料科学研究所的宫崎英树（Hideki Miyazaki）获得的结果也很引人注目，他成功地把空气中波长为651纳米的红光压缩到一个中间介质只有3纳米厚、55纳米宽的槽型等离子激子波导中。研究人员发现表面等离子激子在这种波导中传播的波长为51纳米，约为空气中波长的8%。

用可见光激发材料中的等离子激子，就能让产生的信号落入软X射线的波长范围（10~100纳米之间）。等离子激子的波长被压缩到了不足空气中光波波长的1/10，但信号的频率仍然保持不变。（电磁波的频率和波长之间仍然遵守着一个基本关系，即频率和波长的乘积等于光速；换句话说，电磁波沿金属和介质的界面传播时，速度也相应减小了。）这种能够显著缩短波长的能力，让纳米尺度的等离子激子结构有了新的应用途径：它们将替代现有的、完全由连线和晶体管构成的纯电子线路。

如同用光刻技术来印制硅片上的电路图案一样，类似的工艺也可以用来批量制造微小的等离子激子器件。这种器件由狭窄的介质条和介质间隙阵列构成，这种阵列结构能

够在金属表面引导正负电荷振动所形成的等离子激子波的传播。电荷密度上的这种交替变化非常类似于普通导线上传播的交变电流，只不过光信号的频率远远大于电信号的频率（前者超过400万亿赫兹，后者仅为60赫兹），因此等离子激子线路将能携带更大容量的数据。此外，由于电荷并不会从等离子激子线路的一端移动到另一端（电子只在局部振动，相互聚集和分散，并不会沿着同一方向持续流动），因此这种器件没有电阻和电容的寄生效应；而在传统的集成电路中，这些效应却限制着数据传输的容量。

在此基础上，如果研究人员能够发明一种具有晶体管特性的、拥有三个输入输出端的等离子激子器件——“等离子激子管”（Plasmonster）开关的话，等离子激子线路的运算速度将变得更快，用途也将更加广泛。近来，包括我的实验室在内的一些研究小组，已经研发出了多种低功率的等离子激子管开关。如果科学家能够制造出性能更加优良的等离子激子管，这些器件就将成为超快信号处理系统的核心元件。在今后10~20年内，这项进步将推动处理器的计算能力实现革命性飞跃。

纳米壳与隐身斗篷

等离子激子还可以用来消灭肿瘤细胞，增加发光二极管的亮度，甚至能够制造神奇的隐身斗篷，让庞大的太空船消失于无形。

不过，等离子激子器件的潜在用途远不止计算机芯片领域。美国莱斯大学（Rice University）的内奥米·哈拉斯（Naomi Halas）和彼得·努德兰德（Peter Nordlander）研制出一种纳米壳（nanoshell）结构，在直径大约100纳米的二氧化硅颗粒的整个表面，包裹了一层厚度约为10纳米的薄金壳。当它受到电磁波照射时，金壳内就会产生电子振荡。由于金壳内外表面上的电磁场之间存在相互耦合作用，因此改变颗粒的大小和金壳的厚度，就可以改变纳米壳颗粒共振吸收的电磁波波长。利用这种方法，研究人员就能针对特定波长的电磁波设计纳米壳，让它们选择性地吸收

本文作者

哈里·A·阿特沃特是美国加州理工学院应用物理与材料科学领域的教授。他的研究兴趣集中在用于计算和成像的亚波长光子器件，以及可再生能源的应用。除发明多种等离子激子纳米结构以外，他的研究小组在探索太阳能电池（光伏电池）新材料和太阳能驱动的燃料生成方面也非常活跃。

本文译者

孙志军，2005年毕业于美国匹兹堡大学，获得电子工程博士学位，现为厦门大学物理系副教授，专门从事集成光学、纳米光学及等离子激子学领域的研究工作。

波长短到几百纳米的蓝光,或者波长长达 10 微米的近红光。

这一现象使纳米壳很有希望成为有效的肿瘤治疗工具。2004 年,莱斯大学的哈拉斯和她的同事詹尼弗·韦斯特(Jennifer West)合作,将等离激子纳米壳注入患有癌症肿瘤的小鼠血液之中。她们发现这种纳米颗粒本身无毒,但是由于更多的血液会在快速生长的肿瘤部位循环,因此纳米壳更倾向于沉积在这些肿瘤组织之中,而不是健康组织内部。这些纳米壳还可以跟抗体吸附在一起,确保它们能够锁定肿瘤。

幸运的是,对于特定波长范围内的红外光来说,人类和动物的组织是透明的。研究人员可以让近红外激光光束穿透老鼠的皮肤,直接照射肿瘤组织,沉积在那里的纳米壳在共振条件下吸收光能,可将肿瘤组织的温度从 37℃ 左右提高到 45℃ 左右。

这种光致发热过程可以杀死癌细胞,周围的健康组织却不受损伤。研究发现,接受过纳米壳疗法治疗的小鼠,与癌症有关的症状在十天内便全部消失;而对照组中没有接受治疗的小鼠,肿瘤仍然在快速生长。目前,美国纳米光谱生物科学公司(Nanospectra Biosciences,总部设在休斯顿市)正在向美国食品与药品监督管理局提出申请,准许他们开展头部和颈部癌症的纳米壳疗法临床试验。

等离激子材料还能提高发光二极管的亮度,使它可与白炽灯媲美,从而推动照明产业的变革。早在 20 世纪 80 年代初,研究人员就认识到,等离激子可以增强金属与介质界面的电磁场,从而增强金属表面附近的发光染料的光发射效率。最近,更多的研究使人们清楚地认识到,这种电磁场增强效应也能显著提高量子点和量子阱(一种能够吸收和发射光的极小的半导体材料结构)的光发射效率,从而增强固态发光二极管的发光效率和亮度。2004 年,美国加州理工学院的阿克塞尔·谢勒(Axel Scherer)与日本日亚化学公司(Nichia Corporation)的研究人员合作,在氮化镓发光二极管表面

涂了一层紧密排列的等离激子纳米颗粒(由金、银或铝制成),使发光二极管的发光强度提高了 14 倍。

此外,研究人员也许还能用等离激子纳米颗粒开发出硅发光二极管。这种二极管的成本将比传统的氮化镓或砷化镓发光二极管更加低廉,但是由于硅的发光效率极其低下,硅发光二极管的发展受到了阻碍(参见 2007 年第 3 期《环球科学》上的《追寻硅激光》一文)。我的研究小组和荷兰 FOM 原子分子物理研究所的艾伯特·波尔曼(Albert Polman)领导的小组所作的联合研究表明,将银(或金)等离激子结构与硅量子点阵列一一耦合起来,就能将它们的光发射效率提高大约 10 倍。此外,改变纳米颗粒的尺寸大小,还可以调节被增强的发射光频率。通过计算,我们发现,细致地调节等离激子的谐振频率,精确地控制金属颗粒与半导体材料之间的距离,就能使硅发光二

极管的发光效率提高 100 倍以上,让它们发出像传统发光二极管一样明亮的光。

科学家们甚至还在研究类似于激光器的等离激子器件。美国佐治亚州立大学的马克·斯托克曼(Mark Stockman)和以色列特拉维夫大学的戴维·伯格曼(David Bergman)已经在理论上描述了这种器件的物理机制,并给它起名为“SPASER”(surface plasmon amplification of stimulated emission of radiation 的首字母缩写,意思是受激放大的表面等离激子辐射,目前尚无确切中文译名,本文将它译为“等离激子激光器”)。尽管到目前为止,等离激子激光器的研发还停留在理论阶段,但研究人员已经提出了利用半导体量子点和金属颗粒制造它的方法。量子点的辐射能量将被转移给等离激子,再通过一个等离激子谐振腔将等离激子波放大。与传统的激光光束相比,等离激子激光器产生的等离激子可以将能量更加紧密地约束在极小的一点,所以这种器件可以在极低的功率状态下工作,并且选择性地激发其他极小的物体。这样,等离激子激光器就能提高光谱分析的灵敏

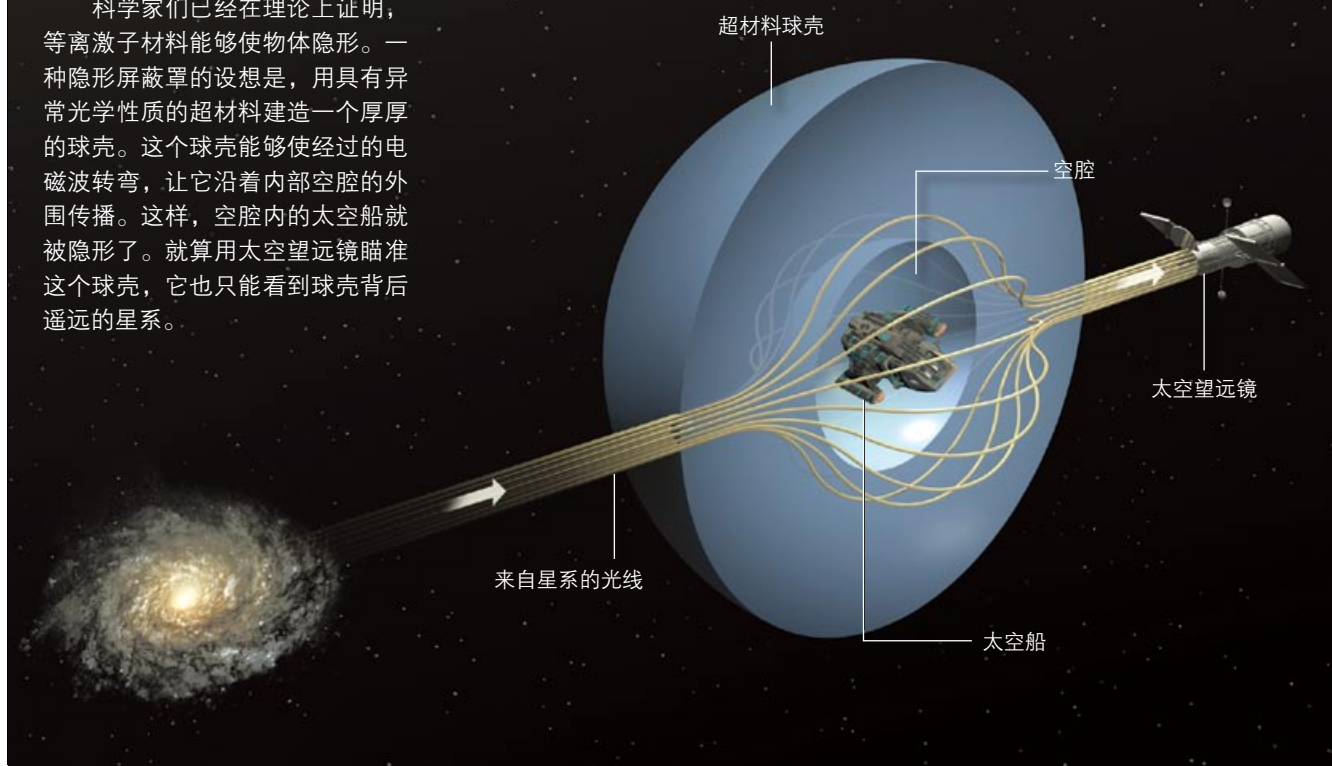
■ 莱克格斯杯是一只古罗马高脚杯,它的历史可以追溯到公元 4 世纪。由于玻璃中掺杂的金属颗粒的等离激子激发,杯子的颜色会发生改变。这个杯子通常是绿色的,但是把一个白色光源放置到杯中时,它就会呈现出红色。





隐形屏蔽罩解密

科学家们已经在理论上证明，等离子材料能够使物体隐形。一种隐形屏蔽罩的设想是，用具有异常光学性质的超材料建造一个厚厚的球壳。这个球壳能够使经过的电磁波转弯，让它沿着内部空腔的外围传播。这样，空腔内的太空船就被隐形了。就算用太空望远镜瞄准这个球壳，也只能看到球壳背后遥远的星系。



度，为开发能够鉴别微量化学物质或病毒的有害物质探测器打下基础。

神奇的隐身斗篷大概是等离子子学最迷人的应用了。1897年，赫伯特·乔治·威尔斯（H. G. Wells）出版了他的小说《隐身人》，讲述了一位青年科学家的传奇故事。在小说中，主人公找到一种方法，能够让自己身体的折射率变得与空气相同，从而实现隐身。（材料的折射率就是真空光速与这种材料中光速的比值。）如果照射到等离子子结构上的辐射光频率接近该结构的共振频率，那么它的折射率就会与空气的折射率相等；换句话说，它既不能偏折光线，也无法反射光线。不过这种结构还是会吸收光线，人们会看到一团暗淡的阴影。如果将它层层包裹在某种光增益材料（即能够增加光的强度的材料）之中，使透射光信号像在等离子子激光器的谐振腔中那样被放大，光强度的增加就能补偿吸收造成的损耗。这样一来，至少对于特定频率范围内的辐射光来说，这种结构就完全隐形了。（参见2007年第1期《环球科学》上的《2006年全球科技领袖》和《隐身斗篷即将问世》）。

然而，一件真正的隐身斗篷，必须能够隐藏斗篷下面的物体，还要适用于所有频率的可见光。制造这样一种器件将会更加困难，但有些物理学家认为这是可以做到的。

2006年，英国伦敦帝国理工学院的约翰·B·彭德雷（John B. Pendry）及其同事在理论上证明，一个由超材料构成的壳体将能改变经过它的电磁波传播路径，使电磁波从被它包围的球形区域外侧绕过。

威尔斯的隐身人也许永远不会成为现实，但这种想法所涉及的一系列光学性质，却给等离子子学领域的研究者们带来了灵感。通过对电磁波和自由电子之间相互作用的精心研究，科学家们已经确认，它们能够在集成电路数据传输、家庭照明和癌症治疗方面为我们开拓新的发展方向。进一步研究和探索这些有趣的等离子子现象，也许将带来更加令人兴奋的发现和发明。SA

扩展阅读

Surface Plasmon Subwavelength Optics. William L. Barnes, Alain Dereux and Thomas W. Ebbesen in *Nature*, Vol. 424, pages 824–830; August 14, 2003.

Plasmonics: Localization and Guiding of Electromagnetic Energy in Metal/Dielectric Structures. Stefan A. Maier and Harry A. Atwater in *Journal of Applied Physics*, Vol. 98, No. 1, Article No. 011101, 10 pages; July 2005.

Plasmonics: Merging Photonics and Electronics at Nanoscale Dimensions. Ekmeleddin Ozbay in *Science*, Vol. 311, pages 189–193; January 13, 2006.

Plasmonics: Fundamentals and Applications. Stefan A. Maier. Springer Verlag, 2007.

等离激子学研究简史

撰文 孙志军

最近十多年来，作为一个新兴的多学科交叉领域，“等离激子学”得到了广泛的重视，在理论和应用研究方面都取得了迅速发展。许多主要进展往往由数人合作完成，这里列举的只是参与研究的部分科学家。

古人通过掺入细微的金属颗粒来烧制多彩的陶瓷和玻璃器皿。他们在无意中利用了金属颗粒在光照射下的等离激子谐振效应。



麦克斯韦尔·加尼特从理论上研究了掺有金属微粒的介质在光透射时的光学性质，解释了金属/介质复合材料呈现彩色的原因。

美国物理学家戴维·派因斯从理论上描述了快速电子束在穿透金属过程中的能量损耗过程。他发现损耗是由金属中自由电子的集体谐振引起的。这种谐振类似于气体放电所引起的等离激子体谐振，因此被称为“等离激子”。



戴维·派因斯

安德里亚·奥托、埃里希·克雷奇曼和海因茨·雷特尔提出了在金属薄膜上用光学方法激发表面等离激子的实验装置，它们至今仍 在研究和实际应用中 被广泛采用。



安德里亚·奥托

原捷克斯洛伐克物理学家马丁·弗莱施曼及同事观察到表面增强拉曼散射现象。这是等离激子增强了金属表面电磁场的结果，不过当时他们还没认识到这一点。



马丁·弗莱施曼

古代（至少 1700 年前）1902年

1904年

1908年

1956年

1957年

1968年

1970年

1974年

1978年



罗伯特·伍德

美国物理学家罗伯特·伍德观测到金属光栅的异常衍射现象。在一定条件下，入射光可以被耦合到光栅平面，而引起衍射光强度的异常分布。



古斯塔夫·梅

德国物理学家古斯塔夫·梅从电磁学基本理论出发，严格地推导出球形颗粒在光照射下的散射公式，提出了著名的“梅氏散射理论”。



鲁弗斯·里奇

美国物理学家鲁弗斯·里奇对金属薄膜中电子束能量损耗进行了研究，发现在金属表面附近可能存在等离激子现象。这是对表面等离激子的首次明确理论表述。



彼得·扎哈里亚斯

德国物理学家乌韦·克赖比希和彼得·扎哈里亚斯研究比较了金和银纳米颗粒表面的光波和电子波，首次用“表面等离激子”的概念来描述金属纳米颗粒的光学性质。



伊文·波克兰特

美国 IBM 实验室的伊文·波克兰特等人提出，可以用表面等离激子谐振来研究金属表面特征及吸附的有机分子的性质，促进了人们对表面等离激子生物化学探测的研究。

美国劳伦斯伯克利实验室的陈齐宽（音译）等人发现，粗糙金属银的表面吸附分子具有强烈的二次谐波激发非线性效应。

日本科学家高原淳一等人提出，可以用金属纳米线来传导光波能量。



高原淳一

英国物理学家约翰·彭德雷从理论上提出，可以用人造负折射率材料来实现具有超衍射极限分辨率的“完美透镜”。



约翰·彭德雷

美国莱斯大学的彼得·努德兰德和内奥米·哈拉斯等人提出了金属纳米球、腔和壳的自由电子溢出模型。这项研究为纳米壳在治疗癌症方面的应用奠定了基础。



内奥米·哈拉斯

美国匹兹堡大学的赫尔沃耶·佩泰克等人利用双光子干涉激发光电发射显微术，第一次直接观测到了等离激子的运动和动态特性。



赫尔沃耶·佩泰克

1981年 1989年 1997年 1998年 2000年 2000年 2003年 2003年 2004年 2006年



托马斯·埃布森

美国科学家托马斯·埃布森等人发现，钻有周期性亚波长小孔的厚金属膜，存在着异常透射现象。这项发现引发了研究热潮，极大地推动了微纳结构等离激子学的研究。

奥地利的约阿希姆·克伦等人提出，可以用“链”式排列的纳米金属颗粒，在小于衍射极限的条件下传播电磁波能量。



戴维·史密斯

美国加利福尼亚大学圣迭戈分校的戴维·史密斯等人通过金属和介质微纳米结构，在微波领域构造出了折射率为负的“超材料”。



马克·斯托克曼

美国佐治亚州立大学的马克·斯托克曼和以色列特拉维夫大学的戴维·伯格曼从理论上描述了“等离激子激光器”的物理机制。



乌尔夫·伦哈特

英国物理学家约翰·彭德雷和美国物理学家戴维·史密斯等人提出，可以用人造“隐身”超材料完全屏蔽电磁波，并在微波领域内验证这一点。与此同时，英国圣安德鲁斯大学的乌尔夫·伦哈特也提出了同样的概念。

网络交友 真实的谎言

撰文 罗伯特·爱泼斯坦 (Robert Epstein)
翻译 王雯雯



两年前，我去和一名女网友见面，一起喝咖啡。我早早地到达约会地点，坐到了一个显眼的位置上。几分钟后，一位女士走到我的桌边坐下，满面笑容地招呼我说：“你好，我是克里斯！”

但是，这个克里斯和她网上的照片并不一样。不是因为岁月变迁，也不是因为换了新发型，而是我眼前这个人根本就不是照片上的克里斯。克里斯的工作是市场营销，对她来说，一张能够吸引尽可能多“顾客”的照

片，不过是一种成功的营销策略。我对那些照片只字未提，跟她一起享用了美味的餐点。几个星期后，我注意到克里斯又用另外一名女性的照片取代了原来那张网上照片。

在全世界，每天有上千万人试图通过网络来交友，甚至寻找伴侣。然而，他们看到的那些“广告”到底有多可信呢？跟传统约会比起来，网络约会到底是不是更成功呢？最近，各种各样的问题引发了社会科学家的一系列研究。这些研究很快揭示了关于

网络交友这个新领域中很多令人惊奇的事实，其中一些结果可能对目前正向往通过网络找到爱人的庞大人群颇具参考价值。

光速的欺骗

网络给我们带来了一种全新的交友约会方式，但网络上的信息并非全都真实可信。

我与克里斯见面的经历几乎每时每刻都在成千上万人身重复着，因

**诱人“广告”满天飞，真实遭遇却令人烦恼；
不管怎样，网络交友的前景仍然令人看好。**



为人们在网络上能够轻而易举地就自己的年龄、婚姻、父母、外表、收入和职业撒下弥天大谎。甚至还有专门的网站，让上当的人发泄自己的怨气；而受骗者起诉网络服务的官司更是不胜枚举。网络交友中的欺骗行为到底泛滥到了什么程度呢？

我们需要先考虑一下这个问题所处的大环境。请记住，在追求异性时，欺骗总是存在的，哪怕是无意识的。有人甚至指出，欺骗是追求一个潜在的约会对象（“是啊，我爱死运

动了！”），进而发展成长期关系（“不，这条裙子完全不会显得你身材胖！”）的必要手段。

但是，网络空间带来了全新的可能性。同时就职于美国波士顿大学和美国麻省理工学院的媒体研究专家让娜·弗罗斯特（Jeana Frost）进行了一项调查，结果发现大约20%的网络交友者承认自己曾经撒谎。但是，如果问他们认为其他人中有多少人在撒谎，得到的答案可能更接近真实：90%。

个人报告的数据也许并不可靠，特别是当人们被要求承认自己不好的方面时，可信度就更低了。因此，很多研究专家正在寻找更加客观的方法，来对网络欺骗进行定量分析。例如，美国康奈尔大学的心理学家杰弗瑞·汉考克（Jeffrey Hancock）和美国密歇根州立大学的通信学教授妮科尔·埃利松（Nicole Ellison）在实验室里测量了受试者的身高和体重，并将这些数据和他们的网上个人资料进行比照。初步数据显示，在网络上的个人资料里，受试者的人均体重“减少”了2千克，而身高却“增加”了2.5厘米。按照埃利松的说法，虽然欺骗“较为普遍，但偏离事实的程度都比较轻”；越矮越胖的人，越容易说谎。

为了收集关于网络欺骗的客观数据，美国芝加哥大学的经济学家京特·赫奇（Guenter Hitsch）和阿里·赫塔苏（Ali Hortaçsu），以及美国麻省理工学院的丹·艾瑞里（Dan Ariely）进行了另一项研究：他们将网络交友者个人资料中的身高和体重与国家人口普查资料进行了对比。和汉考克和埃利松一样，他们发现，个人资料中的男女身高仅被夸大了2.5厘米左右，女性更倾向于在自己的体重上打折扣，越是年长的女性越是如此：20～30岁的女性人均少说2.3千克，而30～40岁的女性人均少说7.7千克，40～50岁的女性则人均少说8.6千克。

男性则主要在教育程度、收入、身高、年龄和婚姻状况方面撒谎：至少13%的网上男性交友者应该是已婚男性。而对女性来说，她们则更容易对自己的体重、外貌和年龄说谎。所有的相关研究都显示，相貌对两性都十分重要，如果网友不提供照片，交友者往往会认为他外形不佳。最近一项调查研究的结果显示，个人资料中

不附加照片的男性得到的回复率只有附照片者的 1/4，而无照片的女性得到的回复率更是只有附照片者的 1/6。

如果你是加里森·凯勒（Garrison Keillor）的粉丝，你很可能在美国国家公共广播（National Public Radio）上听过他的小说《沃比冈湖》（Lake Wobegon）。在这个小镇，“所有的女人都非常强壮，男人则相貌英俊，孕育的孩子都非同一般”。在网络交友社区里，也有着类似的规则：一项研究表明，只有 1% 的网络交友者表示自己的相貌“低于一般”。

谎言的来由

网络交友者大多不会完全说实话，因为他们害怕坦言自己的缺点会给对方造成不好的印象。

为什么有这么多人夸大其词？美国卡内基－梅隆大学（Carnegie Mellon University）的萨拉·凯斯勒（Sara Kiesler）和同事认为，从本质上讲，“以计算机为媒介的交流”会让人们抛开顾虑，随心所欲地发表各种言论。由于人们一般都会使用网名来代替真名，他们的胡说八道也被归罪于无名氏，而他们自己并不受社会道德规范的约束。更何况，网络上也没有相关的肢体语言，看不见手势和表情，也不用承担任何后果。因此，网络交友者倾向于构造一个“理想自我”，而不是展现真实的自己。他们甚至在研究报告中指出，网络交友者事后往往会后悔自己讲了真话，觉得太过诚实，特别是坦言自己的缺点，会给对方留下不好的印象。

说谎也有非常实际的理由。最近的一项调查表明，宣称自己年收入超过 25 万美元的男性平均获得的回复，比表示自己年收入 5 万美元的人多出

网恋十诫

1 含糊一点。你提供的真实信息越多，你造成的印象可能就越坏，这是美国哈佛大学的心理学家迈克尔·I·诺顿、美国波士顿大学和美国麻省理工学院的媒体研究专家让娜·弗罗斯特，以及美国麻省理工学院的心理学家丹·艾瑞里的研究结果。人们总是错误地把含糊带来的神秘感当作吸引力，喜欢用自己美好的想象来填补未知的空白。

2 热情一点。美国加利福尼亚州立大学多明戈斯分校的心理学家拉里·D·罗森让女子对男子寄出的两封感情色彩不一样的电子邮件作出选择，前者语气较为中庸（“我喜欢我的工作”），而后者则热情洋溢（“我超爱我的工作！”），结果发现有 3/4 的女性回答自己更喜欢后者。

3 喝杯咖啡。如果你觉得有发展关系的可能，赶快行动，安排一次简短安全的面对面交谈。这样的会面在短短几分钟之内带来的信息量，将迅速地超越你此前在无数电子邮件，甚至在电话交谈中建立起来的任何印象。

4 别付月租。你可以寻找免费的会员资格或者加入一些免费的社交网站，来避免某些网站高昂的服务费。当心那些“付款后方可回信”的网站，它们让你不花一分钱注册，却要你付钱才能回复别人发来的电子邮件。

5 别信“测试”。别把钱或时间冤枉地花在那些提供配对测试来寻找所谓的“知心爱人”的网站上。现在，还没有人知道该如何做这样的配对，不管广告上如何吹嘘，网络上没有一项配对测试接受过科学检验。就算有一天，真的有这样的测试出现，别忘了搜索引擎还存在“错误排除”（false negative）的问题：这些测试可能错误地将你真正的完美恋人排除在结果之外。

6 别太沉迷。网络交友环境非常广阔，会让人每天轻易花上数小时来收发邮件，搜索个人资料或者对接收到的资料作出回应。不幸的是，这些行为几乎没有一项能够真的带来一段关系，甚至无法得到一个电话。尝试将你每天网络交友的时间控制在几分钟之内——也别忘了真实的世界是你的另一个选择：加入俱乐部吧，去上些课也行。

7 诚实一点。虽然不管在什么形式的约会中，总是会存在或多或少的欺骗，不诚实的人最终会自食其果。尽可能地开诚布公是很重要的，但是也不要太过头。

8 主动联系。美国加利福尼亚大学伯克利分校的通信专家安德鲁·菲奥里的研究表明，预测一个人能收到多少电子邮件的最好方法，就是看他发出了多少邮件。如果你真的想要找到一个对象，别光坐着不动。主动联系他人，然后对你感兴趣的回信作出回复。

9 带上朋友。寻找那些能够让你的家人和朋友和你一起上线的网站——当然了，最好是免费的——让他们帮你寻找合适的对象。健康的约会需要避免与世隔绝的社交环境。

10 耐心一点。当无数广告不断地对你作出夸大其词的承诺，鼠标一点就能浏览成千上百约会对象时，你的期望也不知不觉地上升了。但是，对大多数人来说，网络交友约会是个缓慢而烦人的过程。要有心理准备，你可能要花上 3~6 个月，甚至更久，才能找到喜爱的对象。

125%！女性则喜欢将自己的年龄降低好几岁，她们中的一些人还会在个人资料的附言里注明，此举是为了不被排除在搜索结果之外。（男人通常会使用年龄标准来搜索对象，年龄超过标准的女性永远无法浮出水面。）

我和我的研究助理雷切尔·格林伯格（Rachel Greenberg）调查了关

于年龄的问题。我们从目前最大的网络配对交友服务商 Match.com 的国内数据库里随机选择了 1,000 名男性和 1,000 名女性，并将他们的年龄描绘到图表上。我们发现，29 岁之后我们开始看到一些奇特的年龄分布格局（在美国，29 岁之后的人开始对自己变老比较敏感）。对男性来说，

32岁的人数有一个小峰值，而36岁的人数则有一个大峰值——声称自己36岁的男性数量远高于37~42岁的平均人数。

对于女性来说，我们发现在29岁、35岁和44岁有3个明显的峰值。声称自己29岁的女性人数与声称自己年龄在30~34岁之间的平均人数的差值，足足比随机分布情况高出了8倍之多。显然，到了某个年龄的女性不情愿说出自己的年龄，而某些年龄则特别吸引人，这可能是由于美国的文化氛围让人们在某些年龄更加敏感的缘故。

失败的配对测试

不要相信网络上的配对测试，因为它们都是没有经过科学审查的。

我从事研究工作已经快30年了，做测试设计也有差不多15年了。当我看到那些承诺为人们找到“知心爱人”的夸大其词的网络测试广告时，我不禁要问：“这世上怎么可能存在这种测试呢？”

它的确不存在。

如果一项心理计量评测要让科学家们认为它真实可信，测试本身必须克服两个障碍。首先，它必须被证明是可靠的——也就是说，你相信它能够产生稳定的结果。其次，它还必须被证明是一项对检测对象有效的测试。要说明一项将人们配对的测试具有这样的有效性，必须看这种浪漫配对的结果是否真的成功。

审查一项测试的可靠性的标准非常严格。先是要运行测试，收集测试结果，然后将收集到的数据送交科学机构审查，最后，一篇专家评审（peer-review，由同领域其他专家评估审查）报告将会刊登在科学期刊上。



■在网上，没人知道你是一条狗：某项调查显示，大约20%的网络交友者承认自己欺骗过对方。

目前，许多美国网络交友服务网站都宣称自己拥有强大、有效、“科学”的配对测试——最有名的是临床心理学家尼尔·沃伦（Neil Warren）建立的eHarmony网站，还有华盛顿大学（University of Washington）的社会学家佩珀·施瓦茨（Pepper Schwartz）建立的PerfectMatch网站和新泽西州立大学的海伦·费希尔（Helen Fisher）建立的Chemistry网站。但他们提供的测试没有一项经过了我提到的那些科学审查。

为什么像eHarmony这种声称自己具有1,200万用户的大公司，没有将自己“科学的29维测试”提交给科学机构审查通过呢？在2004年的

一次会议上，eHarmony公司发言人的确提交了一篇报告，称通过eHarmony认识并结合的夫妻，要比通过其他途径邂逅的夫妻更加幸福。一般来说，这类报告在会议结束之后都会有专家审查制度的期刊上发表。但这篇报告至今都没有发表，可能是因为它有明显的漏洞——这项研究中的夫妻几乎都是新婚燕尔（平均婚龄为6个月），而对照组中的夫妻（通过其他途径结识的夫妻）则早已过了蜜月期（平均已婚2.1年）。[eHarmony公司的工作人员，包括公司的创始人尼尔·沃伦在内，都没有对本文的采访要求作出回应。]

2005年，由“可靠权威人士”

本文作者

罗伯特·爱波斯坦（Robert Epstein）是Scientific American Mind的特约编辑，同时也是《当代心理学》（Psychology Today）的前任主编。他在美国哈佛大学获得博士学位，是一位经验丰富的研究专家和教授。他最近推出的书籍包括《起诉青春期：重证青少年的成人心理》（The Case against Adolescence: Rediscovering the Adult in Every Teen）（乔赛-巴斯出版社，2007年出版）（Jossey-Bass, 2007），《“做”爱：人们如何学会爱》（Making Love: How People Learn to Love），以及《你也能做到》（How You Can Too）。爱波斯坦是Engage.com网站的受聘顾问，《当代心理学》则属于True.com网站。

[比如美国心理学协会(American Psychological Association)前会长菲利普·赞巴多(Philip Zimbardo)]组成的研究小组,使用 eHarmony 公司发表的统计数据发表了一篇网络白皮书(white paper)。书中写道:“当 eHarmony 公司根据配对结果向你推荐某人时,你有 1/500 的几率与这个人结婚。由数据看来, eHarmony 公司每月大约会向你推荐 1.5 个配对结果,如果你跟每个人都约会一遍,需要约会 346 人,总共花费 19 年时间,才有 50% 的可能会步入婚姻殿堂。”同时这个研究小组也进行了大规模的观察研究,最后得出结论:“没有证据表明,心理学能够帮人配对,并保

证他们的婚姻幸福长久。”

想象一下,网络配对有多么艰难。很多网络配对都将在大多数方面“相似”的人匹配起来。但是,只要看看自己的家人和朋友就能明白,相似并不总能保证感情关系的稳定与融洽。有时候,性格相反的人反而会被彼此吸引。仅凭一个网络测试,怎么能决定你该跟一个性格相似的人配对,还是跟性格相反的人配对,或者该跟一个二者兼有的人配对呢?

并且,就算有效的预测最终出现在网络上,这些测试怎么可能预测出两人最终见面后,当那最重要的“微妙感觉”(chemistry)出现时,他们会有什么感受呢?研究结果非常清楚

地表明,外表对男女都非常重要,但 eHarmony 甚至不会询问一个人的体型,这真是古怪极了。

但网上测试最大的问题在于“错误排除”。这种预先决定了该见谁不该见谁的测试,肯定会让一些见面之后会相互欣赏的人错过见面的机会。然而好消息是,按照美国加利福尼亚州立大学多明戈斯分校的拉里·D·罗森(Larry D. Rosen)的说法:“只有 30% 的人说自己在使用‘网上测试’,而且大多数人认为这些测试是可笑的。”

高期望,低回报

我们花费了大量的时间和金钱在网络交友上,但真正成功的却没有几对。

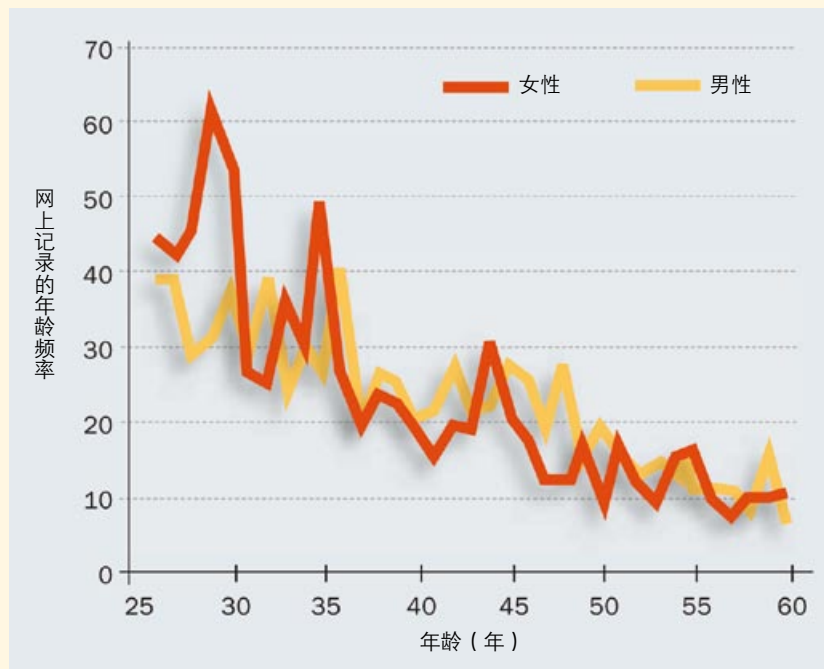
几家最大网络交友服务商的宣传材料显示,如今,有超过 5,000 万的美国人在使用这样的服务(如果用户没有重叠的话),并且满意度非常高。不过,最近的独立研究表明,到 2005 年年底,只有 1,600 万美国人使用过网络交友服务,并且满意度不高。基于对超过 2,000 人次的电话访问数据,朱庇特研究中心(Jupiter Research)的报告指出,“表示自己对网络交友站点满意或者十分满意的用户,甚至达不到总人数的 1/4”。另一项由因特网与美国生活项目(Pew Internet & American Life Projects)进行的大范围调查显示,66% 的因特网用户认为网络交友约会会是“危险的活动”。

按照 Match.com 网站常任发言人、Engage.com 网站现任主管特里什·麦克德莫特(Trish McDermott)的说法,用户数据的差异源于注册用户和付费用户的区别,Match.com 网站或许会宣传自己有 1,500 万注册用户,但事实上只有不到 100 万的用户是付费用

年龄的谎言

从 Match.com 网站随机取样的 1,000 名男性和 1,000 名女性的年龄分布,有着可疑的峰值,这表明网络交友者们对自己的年龄撒了谎。男性的年龄曲线在 32 岁有个小峰值,而在 36 岁又有个大峰值。声称自己 36 岁的男性人数,比声称自己年龄在 37~41 岁之间的男性人数高 84%——比随机几率下的期望值高出 7 倍。女性的年龄曲线在 29 岁、35 岁和 44 岁有 3 个明显的高峰。声称自己 29 岁的女性人数与声称自己年龄在 30~34 岁之间的女性人数之间的差值,比随机几率下的期望值高出足足 8 倍。

——罗伯特·爱泼斯坦



户。未付费用户在网都有完整的用户资料，却无法回复电子邮件。根据麦克德莫特的说法，这也是造成许多付费用户抱怨说电子邮件收不到回复的原因之一。资料里的大多数人根本就无法回复。

我对网络交友的最大顾虑来自所谓“点击问题”（click problem）的事件。在美国，人们履行承诺和义务的现状已经出了问题，这也是 1/2 的初婚和 2/3 的再婚以离婚告终的原因之一。网络约会很可能会让事情变得更糟。

不管好莱坞电影给我们灌输了什么样的观念，维持一种长期稳定的关系需要耐心、技巧和努力。在网络空间里，很不幸，名单很长，而行动时间很短，很少有人愿意容忍聊天对象身上极其微小的不完美。如果对方身高不理想，穿的鞋不好看，或者说了不恰当的笑话，他 / 她几乎立刻就会被剔除。毕竟，返回名单继续点击是再容易不过的事情了，还有成千上万的潜在对象在等着填补空缺呢。

虚拟约会及其他

网络约会交友的形式正在不断发展，也许有一天，它真的可以变成很有用的“媒婆”。

虽然有这么多问题，网络交友和配对的前景看上去仍然十分光明。人们的兴趣在迅速提高，激烈的市场竞争也会促使这类服务的质量迅速改变。2001 年，网络约会的市场价值为 4,000 万美元，而到了 2008 年，这个数字可能突破 60 亿美元，大约会有 800 家大大小小的企业来争抢其中每 1 美元的利润。

网络约会的模式也在迅速改变。第一阶段：冗长的可选名单——以 March、True 和 Yahoo! Personals 为代



■人们很容易沉迷于网络交友世界，然而，面对面的会见才是真正的考验。

表；第二阶段：冗长的配对测试——是 eHarmony 公司和 PerfectMatch 公司的生财之道；现在，网络约会已经逐步进入第三阶段。

在第三阶段，交友网站允许用户和朋友、家人上网浏览，细细审视他人的资料并作出选择。用户还能评估他们约会对象的礼貌程度和资料的准确度。这是网络配对的全新“社区”模式，是对充斥在网络空间的欺骗行为的自发矫正。社区模式已经在许多新兴的社交网站中取得了显著的成效，例如 Facebook、Friendster 和 MySpace；仅 Myspace 网站就有超过

1 亿的用户。虽然这些社交网站主要吸引的是年轻用户，且并非严格意义上的交友网站，但它们把社区变回了那种自然产生约会可能的状态。而巨型交友网站，例如 eHarmony.com 和 Match.com，约会则只在两个人之间进行的，完全与外界环境（如家庭和朋友等）绝缘，这也是引起埃利松和这个领域的其他研究专家关注的问题之一。

网络约会的下一步——“虚拟约会”——已经在形成了。研究专家弗罗斯特、艾瑞里和美国哈佛大学的迈克尔·I·诺顿（Michael I. Norton）近期报告说，有机会使用美国麻省理工学院媒体实验室（M.I.T. Media Lab）编译的特殊软件，在虚拟的博物馆之旅中与他人（仅限于电脑网络接触）互动的人，在接下来的面对面会见中成功的几率，比只浏览资料的人要高得多。一个很重要的加分因素是：虚拟约会解除了许多人对亲自见面的安全问题的顾虑。

或许接下来，我们就能在虚拟的巴黎香榭丽舍大街上的一家浪漫酒吧里见面聊天——通过网络看到对方并且听到对方说话，就像真的在这美丽的环境中互动一样。研究网络约会的安德鲁·菲奥里（Andrew Fiore，美国加利福尼亚大学伯克利分校博士研究生）认为，未来几年内，我们甚至可以在网络约会中加入身体语言——也许就是约会对象的心跳声。

采用基于社区模式的配对来充实虚拟约会，我们将会使因特网变成有史以来最厉害的“媒婆”。

扩展阅读

Meeting, Mating, and Cheating: Sex, Love, and the New World of Online Dating. Andrea Orr. Reuters Prentice Hall, 2003.

Consumers Are Having Second Thoughts about Online Dating. Mark Thompson, Philip Zimbardo and Glenn Hutchinson. March 9, 2005. Available at [www.weattract.com/Online Dating](http://www.weattract.com/Online%20Dating). Pew Internet & American Life Project. March 5, 2006. Available at www.pewinternet.org/pdfs/PIP_Online_Dating.pdf

死亡数和病死率常年位居传染病前列的，
并不是人们耳熟能详的“非典”、禽流感，
而是一种古老的疾病——狂犬病。
狂犬病的致死率高达 100%，
有时甚至注射疫苗都无法阻止病情的恶化。
不过，“狂犬病=死亡”的时代即将成为过去，
因为在美国，医生们用一套
代号为“密尔沃基”的治疗方案，
成功地治好了一位狂犬病患者。
尽管这套方案尚存争议，
但是终结狂犬病已经不再遥远。

医生手记： **治愈狂犬病**

撰文 小罗德尼·E·威洛比 (Rodney E. Willoughby, Jr)
翻译 褚波
审校 严家新

狂犬病是一种最古老、也最令人感到恐惧的疾病。它的主要攻击对象是大脑，感染狂犬病毒后，病人往往表现出异常兴奋、莫名惊恐、阵阵抽搐等症状。病人想喝水或者吃东西的时候，喉咙还会发生痉挛，引起钻心的疼痛。随着病情加重，病人全身渐渐麻痹，但还是会间歇

性地对周围环境过于警惕，

有时，他们也会向亲人和医护人员倾诉心中的恐惧和痛苦。尽管注射狂犬病疫苗可能防止发病，但对于那些被狂犬病动物咬伤，注射疫苗又未起作用的病人，医生们依然束手无策。在被狗

咬伤两个月后，如果不幸出现狂犬病症状，那就意味着病人的生命即将终结，从病发到死亡，不会超过一个星期的时间。

转机出现在 2004 年。我所在的美国密尔沃基市（Milwaukee）威斯康星儿童医院的医生团队创造了一个奇迹：一个 15 岁的女孩身患狂犬病，一只脚已经踏进地狱，但在医生们的努力下，居然离奇痊愈。这个小女孩名叫珍纳·吉斯（Jeanna Giese），来自美国威斯康星州丰迪拉克市，她是已知的世界上第一位没有接种狂犬病疫苗，却又成功逃离死亡命运的狂犬病患者。（此前曾有 5 位狂犬病人痊愈，但他们都注射过疫苗，尽管疫苗没能阻止发病。）我们的新颖疗法——“密尔沃基方案”在医学界激起了巨大的争议，有些专家说，珍纳的痊愈只是侥幸罢了。虽然有人利用上述方案，没能再次挽救其他病人的生命，但我真心希望，我们选择的前进方向是正确的。研究人员至少可以在动物试验中，对我们的方案进行测试，找到能够战胜狂犬病的方法。

对于发展中国家来说，有效治疗狂犬病绝对有益于保护人们的身体健康。在美国和欧洲，狂犬病已经很少见了，因为这些地方的公共卫生措施做得非常好，狗、猫、牛等家畜身上的狂犬病毒几乎被消灭殆尽。美国人患狂犬病的概率大概只有一亿分之一。（也正是因为这样，美国有一半的狂犬病人至死都不知道自己身患何病。）但狂犬病毒却在亚非拉国家肆虐：据 WHO 估计，

在这些国家，每年有 5.5 万人被狂犬病毒夺去生命，其中有一部分人都是因为被狗咬而感染狂犬病毒的。如果科学家能恰当分析密尔沃基方案，找到一种廉价的治疗方法，每年就能帮助成千上万的病人走出死亡的阴影。

小心蝙蝠

美国的一位高中女生被蝙蝠咬伤，当时她并未重视，只是简单地处理了伤口。一个月之后，这位女学生病倒了，症状颇似普通感冒。然而，经过多名医学专家的检查，结果令人震惊：她感染了狂犬病毒！于是，一场针对狂犬病的战争开始了。

狂犬病毒是一种带有外壳的 RNA 病毒，它的遗传材料是 RNA，而不是常见于人类和其他生命体内的 DNA。狂犬病毒的外形酷似子弹头，能轻易侵入人体细胞，“逼迫”细胞制造新生狂犬病毒。细胞只需要合成病毒身上的 5 种蛋白质，狂犬病毒就能发挥所有的杀伤力。而且，它主要在动物的大脑和神经系统中生长，在人体其他部位，几乎看不见狂犬病毒的踪影。人们被狂犬病动物咬伤后，狂犬病毒会随着动物的唾液滞留在伤口周围，并在皮肤和肌肉中繁殖。在这一阶段，病毒数量较少，加之没有进入血液循环或淋巴结，人体内的免疫系统根本察觉不到狂犬病毒已经悄然入侵。在潜伏期，狂犬病一般没有任何症状，这种状态通常会延续 2~8 周，有时也会持续数年之久。一旦病毒进入神经系统，就意味着生命即将走到尽头。

19 世纪晚期，法国微生物学家路易·巴斯德（Louis Pasteur）发现，将狂犬病毒灭活以后注射到动物体内，就会刺激免疫系统产生对抗狂犬病毒的抗体。更重要的是，巴斯德发现，灭活病毒引发免疫反应的时间，要比狂犬病的潜伏期短。他先从兔子的脊髓内提取狂犬病毒，将它们灭活后再注射到被狗咬伤的人的体内。因为在病发之前就获得了对抗狂犬病毒的免疫力，这些人最终都安全无恙。不过，狂犬病毒实在很难对付，即便是在注射疫苗与激发免疫反应之间的这段时间，它仍然有可能“攻陷”人体。因此，医生在

为病人注射疫苗时，一般还要注射针对狂犬病毒的特异性抗体，以弥补这一缺陷。受伤后，用肥皂和洁净的水清洗伤口也非常重要（这样能去除病毒的外膜，从而杀死病毒）。

珍纳是在一个教堂里被狂犬病毒感染的。当时，一只蝙蝠闯进了教堂的内窗，她用手抓住蝙蝠的翅膀，想把这个丑陋的家伙丢出去。没想到蝙蝠突然在她的左手食指上咬出了一道6毫米长的伤口。蝙蝠的牙齿细而锋利，被它咬伤后，人们往往浑然不知，伤口也很难被发现。正因为如此，美国主管公共健康的官员建议，凡是接触过蝙蝠，或者卧室里曾有蝙蝠出没的人都应该注射狂犬病疫苗（除非抓到蝙蝠，并经检验不携带狂犬病毒）。珍纳用过氧化氢清洗过伤口后，并没有去注射疫苗——如果她这样做了，也许就能平安地度过高二那一年。

狂犬病毒开始在珍纳的手指上繁殖。大约1个月后，病毒进入神经系统，以每小时1厘米左右的速度向大脑蔓延。由于神经系统的特殊性，很多免疫细胞都无法在这里发挥作用，因而人体的免疫系统无法检测到狂犬病毒，直到大量病毒渗透到脊髓和大脑。当运动神经和感觉神经都沦为狂犬病毒的“殖民地”后，病人的全身就会麻痹，也不会有任何感觉了。被狂犬病毒感染后，神经活动为什么会消失，还是一个待解之谜，同样，科学家也不清楚狂犬病毒是如何夺走病人的生命的。一个人的死亡可能有多种原因：受到猛烈撞击、心脏停止跳动、呼吸功能衰竭。而狂犬病毒“杀人”的方式，似乎是唆使大脑去破坏人体的重要器官，正是注意到了这一点，我们才得到了治疗珍纳的灵感。

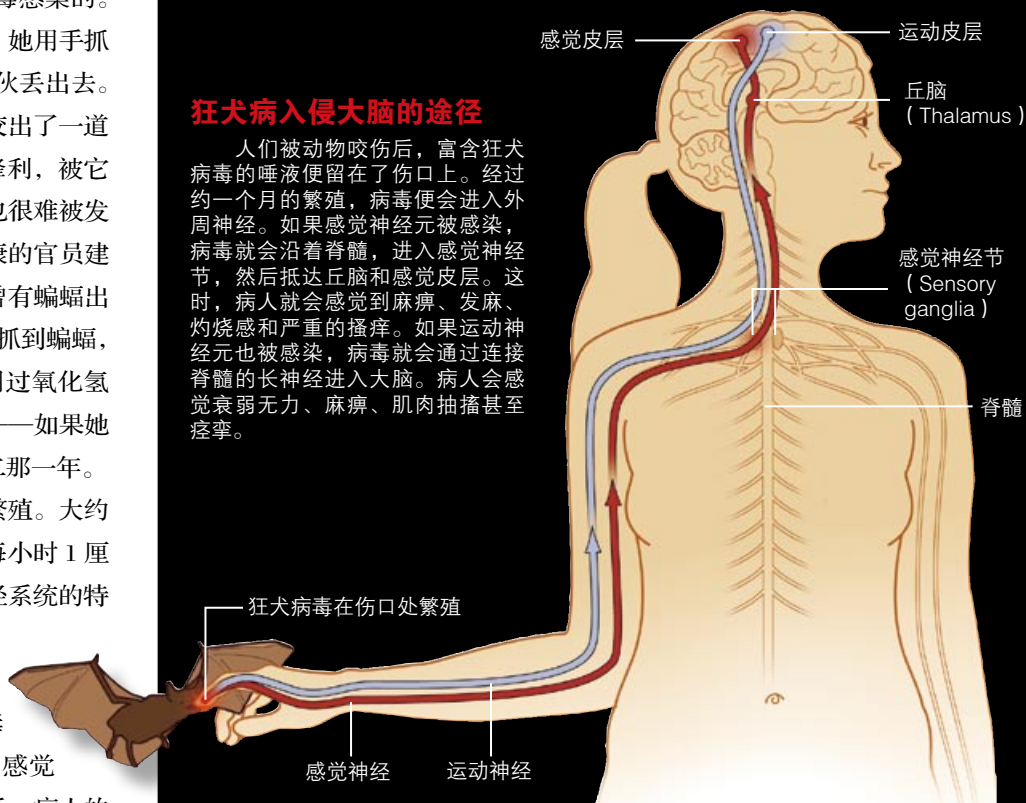
珍纳天资聪明，是中学排球队的明星球员。2004年10月，就在被蝙蝠咬伤后的一个月，她生病了，症状颇似普通感冒。不久，她的左手开始麻木，左腿也虚弱无力，而且看到的東西总是有重影。一个周末，珍纳去了当地的一

令人恐惧的狂犬病

如果刚被狂犬病动物咬伤，注射狂犬病疫苗就能阻止发病。但是，一旦疫苗没能激发有效的免疫应答，病人就难逃一死。

狂犬病入侵大脑的途径

人们被动物咬伤后，富含狂犬病毒的唾液便留在了伤口上。经过约一个月的繁殖，病毒便会进入外周神经。如果感觉神经元被感染，病毒就会沿着脊髓，进入感觉神经节，然后抵达丘脑和感觉皮层。这时，病人就会感觉到麻痹、发麻、灼烧感和严重的瘙痒。如果运动神经元也被感染，病毒就会通过连接脊髓的长神经进入大脑。病人会感觉衰弱无力、麻痹、肌肉抽搐甚至痉挛。



家医院，这时她的病情已经很严重：萎靡不振、动作不协调。这些症状与典型脑炎的症状很相似。在医学上，脑炎并不罕见。多种病毒或细菌感染都可以导致脑炎，有时免疫应答出现差错也会让大脑发炎。医生对珍纳的大脑扫描后，却没有看见任何发炎的迹象，于是他猜测，珍纳患的是感染后自体免疫性脑炎。如果病情继续恶化，就有可能昏迷，而且需要机械辅助才能呼吸，因此，珍纳被转移到了我们医院。

我和同事差一点就没能诊断出狂犬病，幸好我们得到了一些帮助。霍华德·东瑙（Howard Dhonau）是珍纳的社区医生，他放弃了周末的休息时间，给我们带来了当地有关蝙蝠的种种传闻和历史资料——收集资料是医学新生的必修课。这些资料成了我们成功治愈珍纳的关键。为了安全起见，我建议那些去接珍纳到我们医院的同事做好防护措施。虽然至今没有证据表明狂犬病会在人与人之间传播，但是狂犬病动物眼里的液体和唾液都含有无数病毒，伤口以及眼睛、鼻子、嘴巴里的粘膜也是狂犬病毒赖以生存的地方。在珍纳发病的第一个月，所有照料她的医护人员

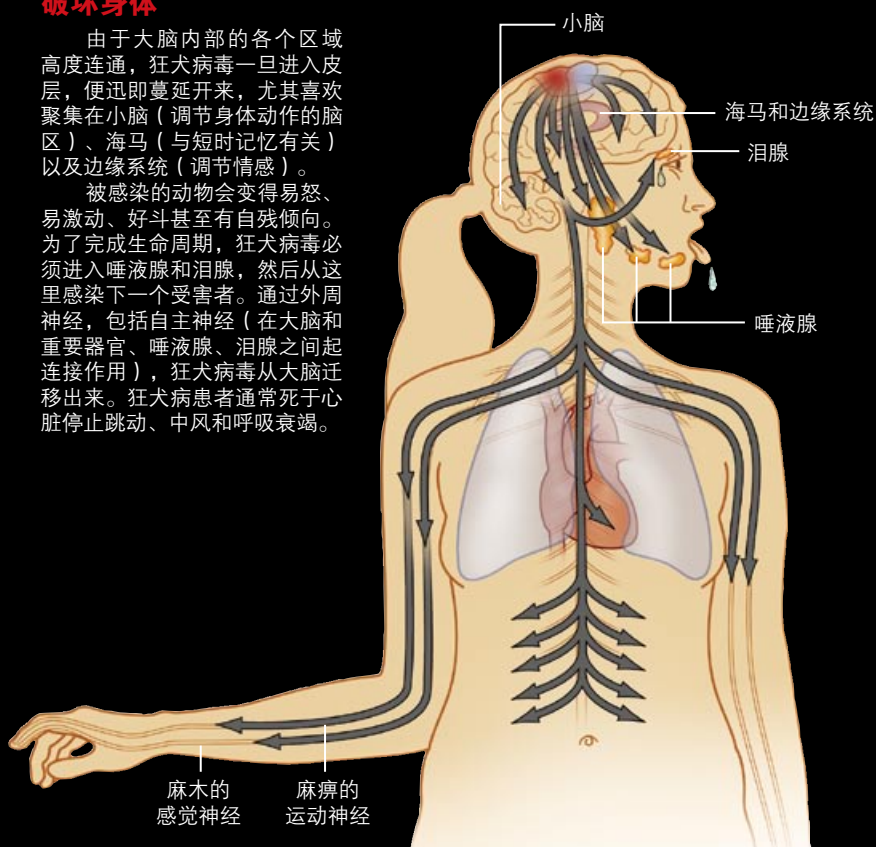
概述 / 狂犬病之谜

- ◆ 2004年，医生们拯救了一位因被蝙蝠咬伤而感染了狂犬病毒的少女。他们的治疗方法包括诱导昏迷、使用药物对抗狂犬病毒以及保护大脑。
- ◆ 研究人员并不清楚这一治疗方案的作用机制，而且此后两年，这一治疗方案再未成功治愈过狂犬病人。科学家需要在狂犬病动物身上进行后续试验，但美国兽医学校却不怎么配合。
- ◆ 在很多发展中国家，狂犬病还比较普遍。开发一种安全可靠、成本低廉的治疗方案，每年可以救活成千上万的病人。

破坏身体

由于大脑内部的各个区域高度连通，狂犬病毒一旦进入皮层，便迅速蔓延开来，尤其喜欢聚集在小脑（调节身体动作的脑区）、海马（与短时记忆有关）以及边缘系统（调节情感）。

被感染的动物会变得易怒、易激动、好斗甚至有自残倾向。为了完成生命周期，狂犬病毒必须进入唾液腺和泪腺，然后从这里感染下一个受害者。通过外周神经，包括自主神经（在大脑和重要器官、唾液腺、泪腺之间起连接作用），狂犬病毒从大脑迁移出来。狂犬病患者通常死于心脏停止跳动、中风和呼吸衰竭。



员都戴上了面具、防护眼镜、手术服和手套。要诊断狂犬病，需要将病人的唾液、皮肤、血液、脊髓液样本空运到美国亚特兰大疾病控制与预防中心的狂犬病研究室去分析。在 24 小时内，我们就能拿到狂犬病研究室的分析结果。

同时，我也对珍纳进行了全面检查。她看起来萎靡不振、昏昏欲睡，但是还能完成一些简单的动作。她失去了平衡能力，左腿软弱无力，不过反应还算正常，根据这些症状，我初步排除了她感染脊髓灰质炎（Polio，俗称小儿麻痹）病毒和西尼罗河病毒的可能。她的左臂会出现间歇性痉挛。左手麻木，左臂痉挛，再加上珍纳曾被蝙蝠咬伤，这说明引起脑炎的很可能是狂犬病毒。但我仍不相信珍纳真的被狂犬病毒感染，还向她的亲人、护士甚至我自己保证，她患狂犬病的可能性很小，因为某些常见的疾病也时常有非典型的症状，而有了罕见症状也不一定就是得了某种罕见的疾病。我甚至打赌，珍纳的脑炎很可能是由自体免疫疾病引起的，因为自体免疫疾病的发病率是狂犬病的 1,000 倍以上。

不过，虽然我判断错误，我们也还有时间来制定治疗

计划。在照顾病人之余，我们把注意力集中在另一项基本的医学工作上：查资料。人们一般认为，只要狂犬病一发作，就算是神仙下凡，也回天无力了。如果真是这样，珍纳就只能接受死亡的命运，而我们能做的，也只是减轻她的痛苦而已。但医学总在进步，说不定就有一些新技术新方法出现。在网上查询之后，我们没有看到任何有关狂犬病的突破性进展，不过在医学领域，从发现一个现象或发明一项技术，到相关论文公开发表在专业杂志上，大致需要 5 年时间。说不定已经有治疗狂犬病的方法处于试验阶段了呢？带着这样的想法，我给美国疾病控制中心（CDC）的狂犬病专家凯瑟琳·汉隆（Cathleen Hanlon）打了个电话，结果我却听到了两个令人沮丧的消息：从珍纳的病历和检查结果来看，汉隆认为她很可能感染了狂犬病毒；在最近的学术会议和正在进行的临床试验中，都没有出现能有效对付狂犬病

的方法。

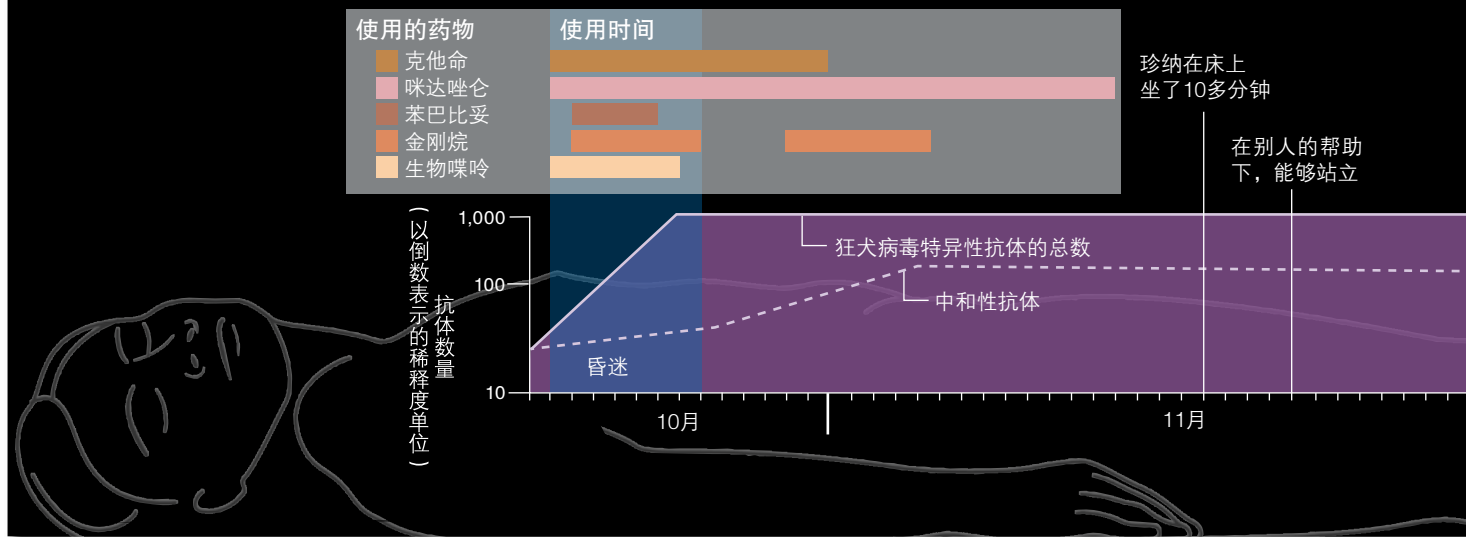
时间有限，为了尽快找到有用的资料，我决定采取另一种策略。既然还没有狂犬病人能够幸存下来，我就没有必要理会关于如何治疗人类狂犬病的资料。在研究一种治疗方法时，第一步试验通常是用药物处理培养在试管中的病毒，从而初步评价药物的疗效。尽管这一步是必不可少的，但在实验初期，表现出抗病毒作用的药物通常是有毒的，或者能够到达感染部位的药物剂量明显偏低，所以这类试验的数据我也没有必要查看。在查找其他论文的过程中，真正吸引我的，是一个困扰了狂犬病专家近 30 年的谜题：狂犬病人去世时，他们的大脑并没有明显受损。另一个重要的现象就是，当狂犬病人离开人世时，在病人体内再也找不到狂犬病毒的踪影。随着时间的流逝，人体的免疫系统能渐渐清除病毒，但是清除的速度实在太慢，来不及挽救病人的生命。

基于以上两点，我们想到了一个对策。狂犬病毒“杀人”的方式，是通过控制大脑来破坏人体组织，而不是直接损伤大脑。如果我们谨慎用药，让大脑保持静息状态，延长

治愈珍纳的方法

2004年10月19日，珍纳抵达威斯康星密尔沃基儿童医院后的第一天，医生确认她患了狂犬病，并用克他命和咪达唑仑两种药物让她进入昏迷状态。在此后的一周里，医

生们又给珍纳用了苯巴比妥、金刚烷、病毒唑3种药物。当珍纳苏醒后，她的免疫系统开始制造大量的抵抗狂犬病毒的抗体，特别是中和性抗体能阻止病毒入侵新生细胞。但是她的



珍纳处于无意识状态的时间，这样也许就能阻止狂犬病毒“唆使”大脑去损害身体。而且，她的生命可能会因此延长，免疫系统就有足够的时间清除病毒。

为了挑选一种最安全、有效的药物，我开始查找医学文献，想找一些研究狂犬病与神经递质（大脑用来传递信号的化学物质）或神经保护（利用药物或其他手段保护大脑免受创伤的学科）之间的关系的论文。通过此次查找，我发现了一篇极具价值的文章——法国巴斯德研究所亨利·蒋（Henri Tsang）发表的一篇文章。上世纪90年代初，蒋和同事在报告中说，在大鼠的皮层神经元内，克他命（ketamine，一种麻醉剂）可以抑制狂犬病毒的活动。经过分析，我们一致肯定了这一结论的正确性。首先，蒋的研究证明，当狂犬病毒在神经细胞内转录遗传信息时，克他命可以影响病毒生命周期中的一个关键步骤；其次，克他命只会影响狂犬病毒，而对其他病毒毫无作用，这就说明它的作用比较专一，不会毒害到动物；最后，一种与克他命相似，但是毒性更强的药物 MK-801 也能在大鼠的皮层神经元内抑制狂犬病毒的活动，所以对狂犬病毒的抑制作用可能是这一类药物的共同特点。

作为麻醉剂，克他命在外科手术中的应用已有不下25年的历史，它能让人进入并保持无意识状态。不过近年来，由于致幻的副作用（吸毒者把它叫做K粉），克他命已经被其他麻醉剂替代。有趣的是，对于狂犬病患者，克命命的这种副作用却是一个潜在的优势。如果神经细胞过于活

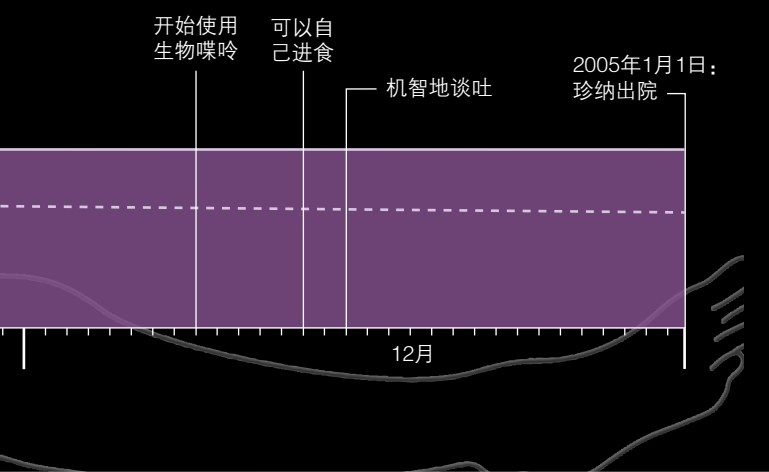
跃（大脑受到撞击或创伤后往往如此），它可以阻断细胞膜上的一种蛋白质——NMDA 谷氨酸受体，从而杀死这些神经细胞，起到神经保护剂的作用。你可以想象当我看到这篇文章时有多么兴奋，因为克他命不仅能让大脑保持无意识状态、清除狂犬病毒，还能保护大脑免受进一步的伤害！

拯救珍纳

为了救治珍纳，一个临时的专家团队临危受命。他们根据以往的经验 and 查到的资料，确定了一套治疗方案，成功地治好了珍纳的狂犬病。但是没过多久，新问题又出现了：珍纳无法开口说话和进食……

我是传染病顾问，不具备让珍纳安全地处于昏迷状态的医学技术，因此只好动用另一项基础医学技能：求助。当时，我刚到儿童医院工作，所以我请高级传染病顾问迈克尔·“乔”·库西德（Michael “Joe” Chusid）帮我联系一位大脑保护专家。幸运的是，那天所有的专家恰好都有空。凯利·狄维斯（Kelly Tieves）和南希·加纳耶姆（Nancy Ghanayem）都是经验丰富的专家，狄维斯能将受创大脑的受损程度降到最低，加纳耶姆则擅长心内直视手术。珍纳被送到我们医院的加护病房后，这两位专家几乎随叫随到。专长于病毒感染的神经学家凯瑟琳·阿姆里-勒放（Catherine Amlie-Lefond）、癫痫病专家迈克尔·施

身体状况恢复得很慢，直到医生使用了生物喋呤，情况才开始好转。



瓦布（Michael Schwabe，能帮助我们持续监测珍纳的脑电波，以控制她的昏迷状态）、麻醉师乔治·霍夫曼（George Hoffman）也是我们这个临时医疗团队的成员。霍夫曼认为，我们诱导珍纳进入昏迷状态的方法，可以推广到其他病人身上。

团队成员还推荐了一些其他方法来降低克他命的副作用，采用辅助神经保护措施，让珍纳进入符合我们治疗目标的昏迷状态。金刚烷（Amantadine）是一种抗病毒药物，也能阻断 NMDA 受体，不过它和克他命并不结合在同一个受体部位。咪达唑仑（Midazolam，一种镇静剂）和苯巴比妥（Phenobarbital，一种镇静安眠剂）可以抑制大脑的活动。不久，CDC 的狂犬病专家查尔斯·鲁普雷希特（Charles Rupprecht）又建议使用一种可以抵御多种病毒的药物——病毒唑（ribavirin）。以前，病毒唑曾在多名狂犬病患者身上试用过，但从未获得成功。尽管如此，我们还是采取了鲁普雷希特的建议。

在每一个领域，我们团队都拥有多名专家，大家讨论治疗方案的可行性，决定某一步骤是否可以安全执行。不论何时，医学和生物领域的新生事物总是伴随着失败和毒害作用。正因为如此，科学家在开发一种新的治疗方法时，也总是从试管试验到动物实验，最后才进行人体试验。我们的假设似乎过于简单，造成的医学后果也许比死亡还要糟糕。比如，曾经注射过疫苗的 5 位狂犬病幸存者中，后来有 4 位都死于严重的器官功能衰竭。当鲁普雷希特确认

珍纳身患狂犬病后，我们商讨了一个小时。接着，我们通知了珍纳的家人，列出了常规的治疗方法，然后提出治疗方案。既然珍纳的死亡似乎已经注定，珍纳的父母吉尔夫妇决定，不如尝试一些新方法，也好为以后的狂犬病儿童带来生存的希望。

我们估计，珍纳的免疫系统大概需要 5~7 天的时间才能制造出抵抗狂犬病毒的抗体。分析了以前的狂犬病病例后，我们知道天然的免疫应答一旦被激发，就有十足的威力。假若珍纳的大脑里已经满是狂犬病毒，再注射灭活病毒疫苗（这种疫苗的主要成分是已经被杀死的狂犬病毒）将百害而无一利，因为这样做会干扰免疫系统的“注意力”：从原本大脑里就有的病毒转移到疫苗中过多的变异体上。基于上述原因，为了避免刺激珍纳的免疫系统，我们给她注射了抵抗狂犬病毒的特异性抗体，并让她昏迷了一周的时间。在这期间，我们随时抽取她的血液和脊髓液进行化验，看她的免疫系统有没有开始制造自己的抗体。

在狂犬病患者的生命末期，他们的身体状况极不稳定，比如心脏的跳动速率和血压起伏很大。但是在珍纳昏迷期间，她却并没有遭遇这样的“身体危机”。在苏醒前的一两天，她的身体开始制造大量的中和性抗体，阻止狂犬病毒入侵新生细胞，也许抗体还通过其他未知的方式清除病毒。但是，真正的考验却出现在珍纳恢复意识之后。将她从昏迷中唤醒的那天也许是我一生中最糟糕的一天：珍纳完全麻痹而且毫无反应。我们不知道她是否还有意识，也不知道接下来会发生什么。不过我们知道，狂犬病人有可能表现出脑死亡的假象，所以我们没有丧失信心。苏醒后的第二天，珍纳努力地睁开双眼，腿部也渐渐有了反应。6 天之后，她已经能认出母亲，并且盯着她看，还能张开嘴让护士帮她刷牙。又过了 6 天，珍纳已经能坐在床上了。

全身麻痹的结果就是身体瘫软无力，珍纳的力量、精力、身体协调性全没了，甚至连吞咽食物、说话的力气都没有。要让她的身体恢复如初，我们还有大量的工作要做。在最初的两个月中，身体各方面的恢复程度不一，比如在行走和运动方面，珍纳恢复得很快，但始终无法说话和吞咽食物。另外，她还出现了一些后遗症（比如体内累积了不少乳酸），这让我想到，是不是新陈代谢方面又出了问题？在

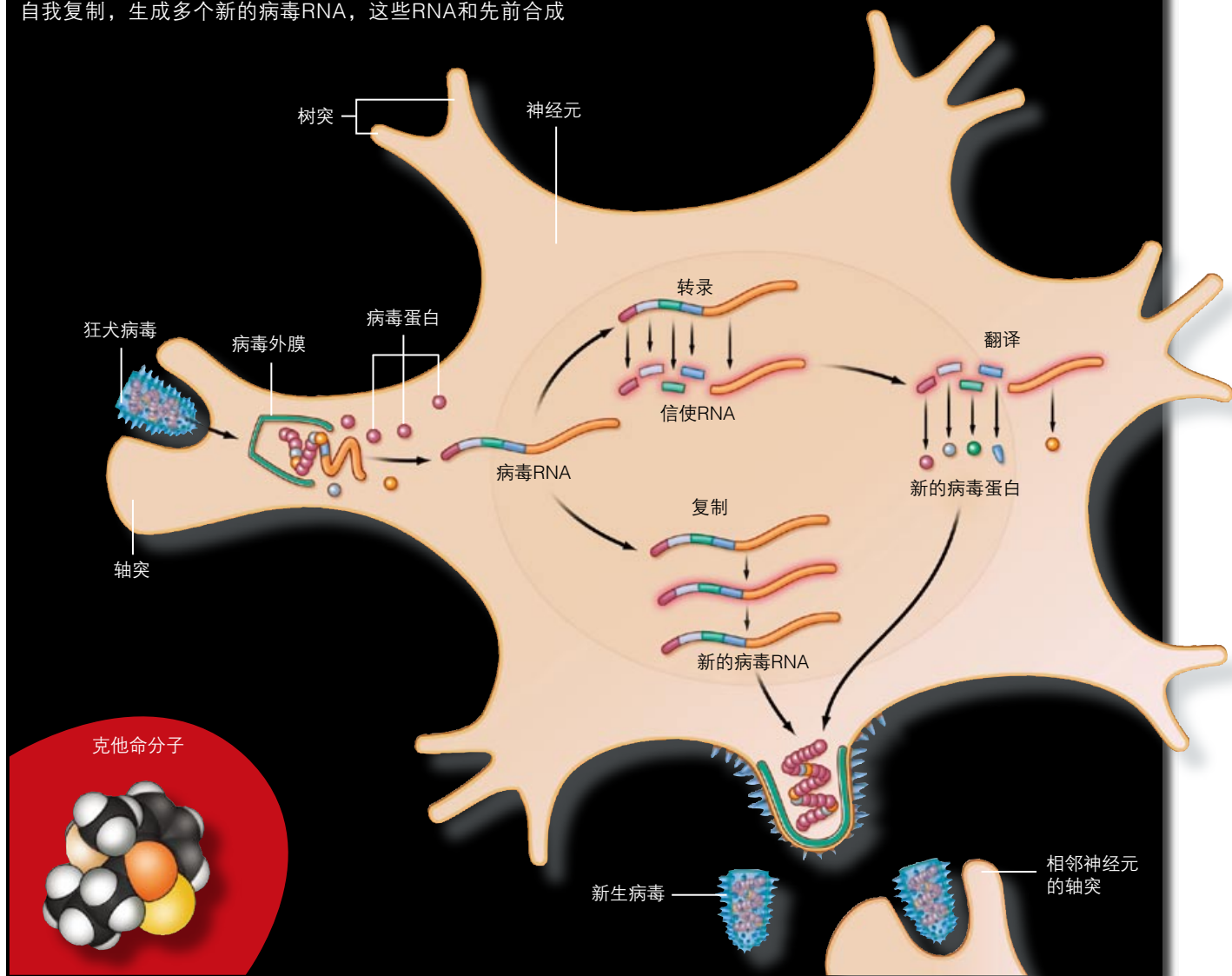
本文作者

小罗德尼·E·威洛比是美国威斯康星医学院的儿科学副教授，也是威斯康星儿童医院儿科传染病顾问。他毕业于普林斯顿大学和约翰·霍普金斯大学医学院，曾接受过儿科学、儿科传染病、糖类生物化学和临床研究的博士后训练。他的研究兴趣包括狂犬病、大脑性麻痹、抗生素循环给药以及益生菌（probiotics）减少耐药性感染等。

狂犬病毒的生命周期

当狂犬病毒渗透到神经元的轴突之后，它就会“脱掉”外膜，把蛋白质和RNA释放到神经细胞内。病毒RNA会制造信使RNA（转录过程），再利用细胞内的各种细胞器合成病毒自身的5种蛋白质（翻译过程）。然后，病毒RNA进行自我复制，生成多个新的病毒RNA，这些RNA和先前合成

的蛋白质一起，被装配成新的病毒颗粒，从神经元的树突“冲”出来，继续感染其他神经细胞。研究表明，克他命能有效抑制病毒RNA的转录，从而阻断狂犬病毒的生命周期。



咨询了遗传学家威廉·雷德（William Rhead）后，我们发现珍纳患了“获得性生物喋呤缺乏症”。在化学结构上，生物喋呤与叶酸（维生素B11）比较相似，是细胞生长必需的营养元素。在大脑中，生物喋呤的含量不高，但是作用非常关键：它参与了多种神经递质的制造过程，比如多巴胺（dopamine）、肾上腺素（epinephrine）、去甲肾上腺素（norepinephrine）、5-羟色胺（serotonin）以及褪黑激素（melatonin）。此外，生物喋呤还控制着大脑中一种酶的功能，这种神经元型一氧化氮合成酶（neuronal nitric oxide synthase）能够维持为大脑输送血液的血管的弹性。我们意

识到，生物喋呤含量不足可以解释除了外周神经的晚期效应以外的大部分狂犬病症状。

这是一个令人振奋的突破性发现，因为生物喋呤含量不足，可以通过口服的方式进行补充。服用了生物喋呤之后，珍纳很快就恢复了说话和吞咽食物的能力。由于身体状况迅速改善，2005年1月1日，珍纳提前3个月出院了。后来，我们又化验了妥善保存的其他狂犬病人的样本，其中的生物喋呤含量确实要比正常含量低一些。目前，我们正在研究其他感染了狂犬病毒的动物，检测生物喋呤的含量是否低于正常含量。如果得到了肯定的答案，也许就能解释狂

犬病毒是如何破坏身体的了。在大部分脑部感染的过程中，生物喋呤的含量会升高，狂犬病毒却反其道而行之，降低生物喋呤的含量，我们也不清楚个中原因。对于将来要接受密尔沃基治疗方案的狂犬病患者，我们已经准备好检查并治疗生物喋呤缺乏症。

争议四起

虽然救活了珍纳，但是在过去两年，这种方法再未治好过任何狂犬病人。很多专家开始质疑这套方法，甚至有人认为，珍纳身上的病毒只不过是“低能”的狂犬病毒。尽管如此，人们已经看到了彻底消灭狂犬病的曙光。

在珍纳的狂犬病确诊一周年之际，她作为荣誉嘉宾，出席了一个在加拿大举行的国际狂犬病研究者会议，并在会上发表了演讲。摆脱了狂犬病的阴影之后，她回到了原来所在的班级，继续高三的学习，成绩非常优异，而且还考取了一个临时驾照。不过，在她身上仍有几处痕迹展示着与狂犬病斗争的经历：在被咬的手指上，仍有一小块区域是麻木的；左臂的肤色有所改变；跑步的步伐也比往常要大一些。今年，珍纳将从高中毕业，她希望成为一名兽医。

密尔沃基方案能否拯救其他生命呢？过去两年，在德国、印度、泰国和美国，这种方法被试用过6次，但无一成功。让我们感到非常遗憾的是，其中几次尝试要么没有遵循我们的假说提及的关键步骤，要么几乎没有使用珍纳曾经用过的药物。在医学界，由于一些专家的公开反对，已经很少有人愿意再次尝试我们的治疗方案。这种反对情绪是可以理解的，因为珍纳的离奇痊愈是对实验室研究的一种颠覆——很多研究都认为，狂犬病毒会杀死脑细胞。然而这些研究具有相当的误导性，比起生活在自然界中的狂犬病毒，实验室的狂犬病毒除了杀死细胞，还能做什么呢？

还有一些专家质疑，珍纳能在医生的帮助下战胜狂犬病毒，只是因为她感染的并不是正常的狂犬病毒，而是一种不常见的毒力较弱的病毒变体。面对这一质疑，我们很难作出回应，因为已经不可能再从珍纳的身体内分离出病毒（CDC从珍纳体内提取到了狂犬病毒的特异性抗体，但不是病毒本身，因为很难将它提取出来）。经过分析，我们知道蝙蝠携带的狂犬病毒并不同于狗身上的病毒，蝙蝠身上的病毒倾向于在皮肤中繁殖，而不是在肌肉中，但是它们的致死能力一点也不比狗身上的病毒差。

要解除人们心中的疑惑，最好的办法也许是将我们的



■神奇的康复：今年，珍纳就将高中毕业，她希望成为一名兽医。虽然已经痊愈，但狂犬病还是在她身上留下了“烙印”：在被咬的手指上，仍有一小块皮肤是麻木的，左臂的肤色也有所改变，还有就是跑步的时候步伐要比以前大一些。

治疗方案应用于狂犬病动物身上，找出整个方案中最关键的部分：到底是诱导昏迷，增强抗病毒活性，还是关闭NMDA受体。我们先后向6家兽医学校发出申请，希望能得到他们的支持，但是校方负责人都不大愿意在自己学校的加护病房内治疗狂犬病动物。后续研究无法进行是整个世界的一大损失，在有其他人使用这套治疗方案之前，我们也不知道密尔沃基方案是不是真的能打败狂犬病毒。如果我们的方案能成功地治愈第2名狂犬病患者，研究人员就能系统地评价药效、决定用药剂量、确认生物喋呤能否显著缩短病人的康复期。此外，医生必须想法降低治疗和康复期间的费用（在珍纳治疗狂犬病期间，总共花费了80万美元），让发展中国家的人民也承受得起。将狂犬病的致死率从100%降到0也许期望太高，但是现在，我们至少有机会降低这个概率。SA

扩展阅读

Inhibition of Rabies Virus Transcription in Rat Cortical Neurons with the Dissociative Anesthetic Ketamine. B. P. Lockhart, N. Tordo and H. Tsiang in *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, Vol. 36, No. 8, pages 1750-1755; August 1992.

Prophylaxis against Rabies. C. E. Rupprecht and R. V. Gibbons in *New England Journal of Medicine*, Vol. 351, No. 25, pages 2626-2635; December 16, 2004.

Survival after Treatment of Rabies with Induction of Coma. R. E. Willoughby, Jr., K. S. Tieves, G. M. Hoffman, N. S. Ghanayem, C. M. Amlie-Lefond, M. J. Schwabe et al. in *New England Journal of Medicine*, Vol. 352, No. 24, pages 2508-2514; June 16, 2005.

More information about rabies and the Milwaukee protocol is available at www.mcw.edu/rabies

“如果狗疯了，而且当局已将有关事实告诉它的主人，但他却不将狗关在家里，以致狗咬伤一个人并引起死亡，狗的主人应赔偿 27 个锡克尔（古银币，重约 16 克）；如果狗咬了一名奴隶并导致后者死亡，狗的主人应赔偿 15 个锡克尔。”

在 4300 多年前，美索不达米亚古王国（在今伊拉克境内）的“埃什努纳法典”就有了这样的规定，这是世界上关于狂犬病的最早记载。从公元前 24 世纪到今天，人类文明的发展和科学技术的进步已经将很多梦想变为现实，然而有一个事实却数千年未变：狂犬病只能预防，不能治疗。狂犬病一旦发病，病死率就是 100%。

回顾历史

数千年来，在那些对人类构成威胁的烈性传染病中，狂犬病一直占据着特殊的地位。尽管狂犬病对历史的影响可以说是微乎其微，但在许多国家和地区的文化中，对狂犬病的恐惧却根深蒂固。狂犬病惨痛的临床过程、致死率 100% 的悲惨结局，长久以来在各国哲学家和科学家们的笔下都获得了特殊的关注。狂犬病的症状和传播途径很特殊，不易与其他疾病混淆，因而在医学和一般文献中，狂犬病比任何其他传染病所能明确跟踪的年代都要久远。

公元前 322 年，古希腊哲学家亚里士多德在他的著作《动物史》中写道，“狂犬能使动物发疯。除了人以外，无论什么动物，只要被患狂犬病的疯狗咬伤，都会患上这种病。对疯狗本身及对任何被它咬伤的动物，这种病都是致命的。”亚里士多德对狂犬病

认清狂犬病

撰文 严家新



的描述，与今天人们对狂犬病的认识大体相同，但他认为人属例外，这一点却是错误的。欧洲最早记载的狂犬病发生于公元 900 年的法国里昂：一头熊发狂后，一次咬伤了 20 人，其中 14 人在被熊“追杀”的过程中落水，可能因河水自然洗去了随狂熊唾液沾入伤口的病毒，这 14 人均未感染狂犬病毒，而未落水的 6 人后来都死于狂犬病。

我国有关狂犬病的最早记载见于《左传》：“（鲁）襄公十七年（公元前 556 年）十一月甲午（22 日）‘国人逐瘕（zhì）狗’”。这说明早在 2,500 年前，我国就已有疯狗存在，而且当时已认识到这种疯狗对人危害极大，并采取了相应的措施：驱逐疯狗。按现代的观点，人的狂犬病主要由狂犬引起，驱逐狂犬可显著降低该病在人群中的发病率。

1949 年以前，我国各地皆有狂犬病流行，很多地区还很严重。1951 年的一次全国性灭狗活动后，全国只有南方 5 个省市自治区有狂犬病，从 1949 年至 1970 年总发病数不足 1,000

人。最近几年，狂犬病又有“抬头”的迹象，每年死亡人数都在 2,000 例以上。

疫苗出现

人类对病毒的研究迄今仅有 100 多年的历史，所以在 19 世纪以前，对狂犬病病因的解释和处理方法的选择是盲目的，甚至是荒谬的。对病因的解释有极端燥热、干旱、性挫折和心理过度紧张等，而“魔鬼附身”似乎是一种更容易被一般人接受的解释。

直到 1885 年，因为一位科学家的研究，人类才依稀知道了狂犬病背后的真凶，也看到了战胜狂犬病的希望。

这一年，世界上最著名的法国微生物学家巴斯德，冒着生命危险与狂犬病展开了一场斗争。巴斯德选择了一个让所有人震惊不已的取样方法：将疯狗绑在桌子上，用嘴通过吸管从狗的下颌吮吸唾液以取得病毒样品。

巴斯德将取得的疯狗唾液注射到动物体内，结果这些动物都发病死亡，无一幸免。他的初步结论是，狗的唾液将病毒带入人体，然后病毒进入人的大脑发生作用。可是，如何才能阻止狂犬病在人体内肆虐呢？他又开始寻找制服狂犬病毒的方法。

巴斯德将患狂犬病死去的兔子脊髓抽出后自然干燥，发现自然干燥的时间越长，脊髓的毒性就越小。他将放置了 14 天的患狂犬病而死的兔子脊髓注射给其他兔子，结果这些兔子随后都能抵御狂犬病毒的攻击，即便再注射含有病毒的唾液，也不会患狂犬病了。

然而，只有在人体试验中也取得

成功，才是真正征服了狂犬病毒。当时巴斯德很难找到可供试验的人。他要求在死刑犯人身上做试验，但法庭坚决不同意。百般无奈下，他决定在自己身体上做试验。家人和亲友们得知后只能将当时已经 63 岁的巴斯德看管起来。

后来的一天早上，一对夫妇抱着刚被疯狗咬伤的儿子找到了巴斯德，请求他救治自己的孩子。巴斯德把减毒疫苗注射到孩子体内，帮助这个 9 岁的孩子挣脱了狂犬病毒的魔掌。巴斯德发明的狂犬病疫苗，是继天花疫苗之后，人类发明的第二种疫苗，它为预防和控制狂犬病奠定了基础。

狂犬病毒的形态

狂犬病毒与人类至少“相伴”了数千年。然而在生物医学技术高度发达的今天，全世界的科学家在狂犬病的治疗方面仍然束手无策。不过，虽然人类目前尚未能彻底制服狂犬病毒，但对它的结构和特征已有了深入的了解。

狂犬病毒属于弹状病毒科，外形酷似子弹头，表面被一层膜包裹着。在外壳里面，是一条 RNA 链——携带着狂犬病毒的所有遗传信息。这条 RNA 链共有 1.2 万个核苷酸，包含了 5 种基因，分别编码核蛋白、磷蛋白、包膜基质蛋白、表面糖蛋白和转录酶蛋白，这 5 种蛋白质都是狂犬病毒所必需的。

核蛋白是病毒的主要内部结构蛋白，它包裹着病毒 RNA，形成核糖核衣壳，以螺旋状缠绕在中心。磷蛋白则和转录酶蛋白一起，与核糖核衣壳联合，组成病毒 RNA 依赖的 RNA 聚合酶。表面糖蛋白构成了病毒表面的突起，是狂犬病毒与细胞受体相结合的部位。包膜基质蛋白覆盖在包膜的表面。核蛋白与表面糖蛋白都具有免

疫原性，可促进中和抗体的产生，并参与细胞免疫反应，产生的抗体能抑制病毒在细胞间的传播和在细胞内的复制。

然而在人或动物体外，狂犬病毒其实非常“脆弱”：50℃ 时 1 小时，100℃ 时 2 分钟即可将它杀死，酸、碱、福尔马林等消毒剂也是狂犬病毒的“致命毒药”，甚至连 70% 酒精和 1% ~ 2% 的肥皂水都能让它灰飞烟灭。

解读病症

患了狂犬病的动物会“发疯”，如疯狗、疯猫、疯狼等。疯动物早期的主要表现是性情明显改变。有的患病动物对主人异常友好，摇尾乞怜，但在轻微刺激下就会咬人，甚至主动攻击陌生人；有的离群独处，与主人之间的感情也开始变得淡漠；还有的出现怪食癖，如吃土、咬草、咬木头等。这些异常表现如不细心观察，很难发现。患病动物在疾病的最早期，唾液里往往含有大量狂犬病毒。

人如果被疯动物咬伤、抓伤，就可能感染狂犬病毒。这也是人类感染狂犬病的主要途径。狂犬病毒一般通过损伤的皮肤或粘膜进入人体内，大量繁殖后进入神经系统，并向脊髓、脑部蔓延。狂犬病毒偶尔还可经过呼吸道和消化道进入人体，国外就有因吸入蝙蝠聚居洞穴中的空气而感染狂犬病的报告。由于狂犬病毒的攻击目标神经和传播方式都与其他病毒不同，很难治疗。

典型的狂犬病为狂暴型狂犬病，病人所表现出的临床症状一般分为 3

个阶段。

首先是前驱期，大多数病人有发热、头痛、乏力、恶心、周身不适等症状，对痛、声、风、光等刺激变得敏感，咽喉也出现紧缩感。约 50% ~ 80% 的病病人的伤口附近有麻木、发痒、刺痛或虫爬、蚁走感，这是由于病毒繁殖时，对周围神经元产生了刺激。前驱期大概持续 1 ~ 4 天。

接下来就是兴奋期，主要症状是功能亢进，患者神志清楚但处于兴奋状态，表现为极度恐惧、烦躁、间歇性咽肌痉挛、呼吸困难等。恐水是狂犬病的特殊症状，表现在饮水、见水、听到流水声甚至谈到喝水时，患者的咽喉都会产生严重的肌肉痉挛。所以患者尽管非常口渴，仍然害怕喝水，就算勉强喝了，也无法下咽。随着兴奋状态加重，部分病人出现精神失常、定向力障碍、幻觉等。这一阶段一般仅持续 1 ~ 3 天。

最后一个阶段是麻痹期，患者痉挛减少或停止，逐渐安静，出现弛缓性瘫痪。呼吸变慢，心搏微弱，神志不清，最终因呼吸麻痹和循环衰竭而死亡。这一阶段的持续时间最短，仅有 6 ~ 18 小时。在没有加强护理的情况下，所有狂犬病病人在发病后的 7 天内就会死亡。

多年来，狂犬病在中国的发病率（即死亡率）一直保持在全球第二位（仅次于印度），近几年，狂犬病致死人数已连续几年居国内甲、乙类传染病死亡人数之首，成为中国危害最严重的传染病之一。不过，科学始终在向前发展，国内有关专家认为，再过 5 ~ 10 年，我国也许就能消灭狂犬病。SA

本文作者

严家新研究员，现为卫生部武汉生物制品研究所基因工程室的博士生导师，也是卫生部自然疫源性疾病专家咨询委员会委员、国家食品药品监督管理局的新药审评专家，曾在美国堪萨斯大学和纽约市立大学西奈山医学院作博士后研究，多次赴法国巴斯德研究所进行合作研究。他的研究方向为狂犬病毒检测和诊断技术、狂犬病毒的分子流行病学、狂犬病毒新型疫苗等。

DNA中的 酒瘾开关

撰文 小约翰·I·努恩贝格尔 (John I. Nurnberger, Jr.)
劳拉·琼·贝鲁特 (Laura Jean Bierut)
翻译 赵瑾

酗酒不是“酒鬼”们的本意，而在很大程度上，这是酗酒基因的功劳。在人体内，多个酗酒基因影响着无数生理过程，进而改变人们对待酒精的态度：有些人嗜酒如命，也有些人滴酒不沾……最重要的是，由于酗酒基因的存在，酗酒恶习很可能遗传给下一代！

世界上有了酒，就有了贪杯的人。酗酒似乎还有着家族遗传的特征。在普通人眼里，这种遗传性不过是“近墨者黑”。但在科学家眼里，这种明显的遗传性却是一种暗示：是不是存在一种“酗酒基因”，才使得酗酒恶习世代相传？

过去10年间，生物技术迅猛发展，发现和分析基因的功能都不再是难事。研究人员可以利用先进的技术，找出“成瘾”背后的生物学机制。有了这些技术的帮助，研究人员既可以对一大群人进行遗传模式分析，也可以检查出个人基因组之间的几十万个细微差别，从而精确锁定某个特殊的基因——或强或弱地影响着个体生理机能，增加患病风险的基因。

正如其他疾病一样，酗酒不是由某一种原因造成的，遗传也绝不是一个人养成酗酒恶习的唯一根源。然而，基因却对习惯的养成举足轻重。在大脑及身体其他部位，无数生理过程时刻不停地进行着，它们相互作用、相互影响，甚至还会影响人们的生活，使有些人嗜酒如命，而另一些人滴酒不沾——这些生理过程都要受基因的“操控”。要理清基因与生理过程之间的联系，无疑是一项艰巨的任务。迄今为止，已发现的与酗酒有关的基因仅有十几个，但可

以肯定的是，还有很多类似基因我们尚未发现。

我们所知道的每一个基因的突变体，都不会明显改变人们对待酒精的态度，但在很多人的身体内，都有这样的变异体，影响着我们的饮酒习惯，让我们深切留恋某种东西，使我们的行为也变得荒诞怪异，甚至抑郁低沉、烦躁焦虑。找出人体内的“酒瘾基因”，了解它的作用机制，也会帮助我们理解其他疾病的发病机制。究竟是哪些生理过程的“功劳”，让一些人逐渐“爱”上了酒精，最终不能自拔？找到答案，我们就能完善现有疗法，将他们从“酒缸”里拯救出来。

基因变异中的线索

科学家发现，一种基因变异让很多亚洲人不胜酒力，而在欧洲人体内就没有这种变异。但是，影响人们饮酒习惯的基因肯定不止一个，如何找到它们？由于基因会影响生理过程，科学家把注意力转移到了人体内的生理过程上。

基因强烈地影响着人体的生理机能，因为它们控制着十几万种蛋白质的合成。这些蛋白质要么直接影响身体和



■在普通人眼里，一个家族里有多成员酗酒，不过是因为“近墨者黑”。但科学实验却发现，人体内存在着不少基因变异，正是因为这些变异，酗酒才有了遗传的特性。

大脑的日常功能，要么调控其他基因的活性。自从发现第一个与酒精依赖性相关的基因，我们便坚信，人体基础生理机能的变化，与酗酒恶习的养成有着紧密的联系。

在中国、日本等东亚国家，很多人只要一喝含有酒精的饮料，就会满脸通红。几十年前，科学家就开始研究这一现象。科学家抽取了这些人的血液进行化验，结果显示，在这些人的血液中，乙醛（acetaldehyde）含量都比较高。酒精进入人体后，会被分解，乙醛正是分解产物之一，它会引起皮肤发热、心悸、体虚等症状，让人感觉不舒服。直到20世纪80年代，科学家才将这种反应与一种分解酒精的酶——乙醛脱氢酶（aldehyde dehydrogenase）联系起来，最终追寻到了编码这种酶的基因——ALDH1。乙醛脱氢酶能分解乙醛，但在受试者的ALDH1基因中，遗传密码出现了细微的变化，最后合成出的酶活性极低。因此，当这些人喝酒之后，乙醛就会在身体中累积，而高浓度的乙醛对身体是有害的。

在亚洲人群中，ALDH1基因发生变异是一种普遍现象，44%的日本人、53%的越南人、27%的韩国人，30%的中国人（其中有45%是汉族人）的体内都有这种变异，但在欧洲人的后裔中，这种变异却很罕见。正如我们所料，在ALDH1基因发生了变异的人群中，酒精代谢缓慢，很难养成酗酒的坏习惯（他们酗酒的几率，只有正常人的1/6左右）。这是基因变异让我们免受酗酒之苦的一个例子。

除了乙醛脱氢酶，科学家还研究了其他一些在酒精分解过程中发挥作用的酶，以了解它们在酒瘾形成过程中扮演的角色。比如乙醇脱氢酶（alcohol dehydrogenase，ADH），酒精转化为乙醛的第一步反应就是由这个酶来完成的。它是一个基因家族（由某一个祖先基因不断复制或发生某种改变而遗传下来的一组基因）的产物，家族中的每一个基因都能从不同方面影响乙醇脱氢酶的性质。其中，对酒精代谢最重要的基因是ADH1和ADH4。最近，一项以美国的欧洲后裔为对象的试验，为我们提供了有力证据：身体中带有ADH4基因突变体的欧洲后裔尤其容易养成酗酒的

习惯。不过，ADH4基因突变体到底如何影响酒精代谢，还有待进一步研究。

酗酒具有非常复杂的遗传性，很可能有多个基因参与了这一过程。要“拼凑”出酗酒恶习逐渐形成的整个过程，就必须研究发生在这些基因之间，以及基因与环境之间的相互作用。同时，酗酒问题在人群中的表现形式也千差万别，特别是在这种倾向刚刚出现的时候，只是到了最后，每个“酒鬼”的表现才会很相似。因此，当科学家在研究酗酒的生物学机制时，必须明确定义“酗酒”，例如区分开真正的酒精依赖与酒精滥用。

根据一项诊断药物依赖性的精神病学标准，只有当一个人在过去12个月中，至少表现出以下症状中的3种，才能被诊断为依赖性成瘾：服用大量药物仍不会造成明显影响；停药后机体出现生理紊乱的现象；药物使用失控；试图停止或减少药物的摄入量；把大量时间耗费在某项活动上；不再参与其他活动；药物已经引起了生理或

心理问题时，仍然继续用药。一个家族中，符合这些诊断标准的人要么没有，要么就不止一个。有了这些患者的自愿参与，我们和其他一些研究人员已经着手将他们每一个人的症状与生理原因联系起来，直至找出与症状相关的基因。

在寻找“酒瘾基因”时，一个重要的策略就是研究内在表型（endophenotype）。内在表型是一种物理性状，无法用肉眼观察到，但实验仪器可以检测到。内在表型比外部症状更容易揭示疾病的生理机制，因为这是一种基本的物理性状，它与疾病根源联系得更为紧密。因此，对内在表型的研究，可以监测病人的某些生理模式，将这些模式与患病风险联系起来。早在20世纪70年代，一些精神分裂症专家就提出了这种研究复杂行为的方法。借助近年来出现的先进设备，研究人员很容易监测生理过程和分析遗传数据，这种方法也因此变得更加有用。

大脑的电活动模式就是一种内在表型。在病人头皮上连接电极，研究人员就可以利用脑电图（electroencephalography，EEG）技术，监测大脑的电活动，观察神经的放电模式。而计算机软件可以分析这些数据，大致确定是大脑中的哪些区域产生了上述信号，这样就有助于我们分析大脑中的认知过程。在脑电图中，我们可以看到，当某种刺激引起神经活动时，大

酒瘾也会遗传，
在一个家族里面，
几代人都可能有
酗酒的习惯。

概述 / 寻找酒瘾基因

- ◆ 酒瘾是一种复杂而又充满争议的疾病，它表现出明显的遗传性，这表明基因是酒瘾形成的重要原因。
- ◆ 酗酒者及其子女的生理特性（例如独特的大脑活动模式），可以帮助科学家找到影响个体对酒精反应的多种基因突变体。
- ◆ 寻找影响酗酒及相关疾病的基因，有助于我们了解酗酒习惯的形成，找到更好的治疗方法，并让具有高酗酒风险的人作出最明智的抉择，控制自己的行为，过上健康的生活。

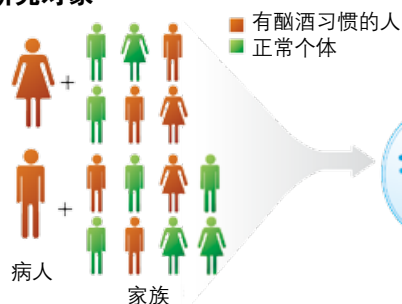


在家族成员中寻找关联性

酗酒其实是一种复杂的病症，要寻找疾病相关基因，首先要将这种疾病的症状与特定的染色体区域联系起来。对遗传性相似的群体（例如一个家族）进行连锁分析（linkage analysis），是最为简便的研究方法，尤其是该家族中有多个成员都不同程度地受到“酒

瘾”的困扰。在有酒瘾的亲属中，如果在他们的染色体上，频繁地出现某种特征或标记（chromosomal marker），可能就暗示着某个重要的DNA区域与酗酒习惯有关。对这些区域进行详细的研究，我们就能找到影响人体对酒精反应的基因。

研究对象



召集受试者

对寻求治疗的酗酒者及自愿参加研究的家属进行询问，并根据酒精依赖的心理标准对他们进行诊断。所有的受试者都提供了他们的DNA样本。

染色体检查

研究人员对每个受试者的染色体进行检查，然后比较染色体上被称为微卫星标记（microsatellite marker）的重复出现的DNA片段。举例来说，在某个人的一段染色体上，也许胞嘧啶和腺嘌呤的交替序列出现了17次，而在其亲属的染色体中，同样的位置却只含有12个这样的重复序列。

连锁分析

如果在具有特定疾病性状的人群中，某些标记经常出现，而在他们的正常亲属中却不常出现，这就标志着含有标记的染色体区域与疾病的发生有某种联系。

基因相关性

对这些标记附近的DNA区域仔细分析，我们就会发现需要进一步研究的、与疾病相关的基因。

脑中的总体波形（waveform）和峰值（spike）是因人而异的，所以可以将脑电图看成一种神经指纹图谱（neurological fingerprint）。这些神经活动模式也能反映大脑中各种兴奋过程与抑制过程之间的总体平衡（在兴奋过程中，神经元会更加迅速地对其他神经元发出的信号作出反应，而抑制过程则会降低神经元的反应性）。

这样的电生理模式具有高度遗传性，在酗酒者和正常人之间有着显著的差异。在酗酒者的大脑中，兴奋作用远远超过并且压制着抑制作用（去抑制作用）。在酗酒者的子女中，也能观察到这种不平衡性或去抑制作用，这说明酗酒者的后代也很可能会酗酒，同时也意味着电生理模式是遗传性酗酒的标志之一。此外，独特的电生理模式可能代表着对酒精的“天生爱好”。有科学家认为，负责判断和决策的大脑区域中抑制性神经细胞的普遍缺失，是去抑制作用产生的原因。缺少了这种抑制回路，人的行为可能更容易受到发源于大脑底部区域（如杏仁核，amygdala）的神经冲动的影响。

20世纪80年代，多个实验室的研究都证明，大脑的电活动能够揭示一个人会有多大的几率对酒精上瘾。这些实验证据让科学家意识到，寻找与酗酒相关的基因是可行的，而且具有实际意义。在美国国家酒精滥用及酗酒研究

所（National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism）的支持下，酗酒遗传学合作研究项目（Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism，缩写为COGA）于1989年启动了（本文的两位作者都参与了这项研究）。目前，美国有8个研究中心和几千名“酒精爱好者”及家人同意参与这项研究。

寻找酗酒基因

酗酒具有遗传特性。科学家根据某些遗传性状，最终在多个染色体上都找到了与饮酒习惯相关的基因，而且还将这些基因与相应的生理活动联系了起来。

在COGA启动初期，美国各地的研究人员开始寻找

► 环球科学小词典

酒精依赖是指病态地使用酒精，伴随的症状包括：酒越喝越多，不喝时会有戒断症状（长期用药后，突然停药，机体出现许多生理紊乱的现象），多次戒酒失败，因为喝酒而放弃或减少重要的社会性活动，以及明知酒精对自己所造成的伤害，仍持续喝酒等。酒精滥用，也是一种未能适度、适时、适量饮酒的情形，例如借酒浇愁、狂饮作乐等，但严重程度未及酒精依赖。

表型是指有生物体的外部特征和形态结构，体内基因和周围环境对生物体的表型都有影响。

内在表型则是指与外在环境无关的表型。

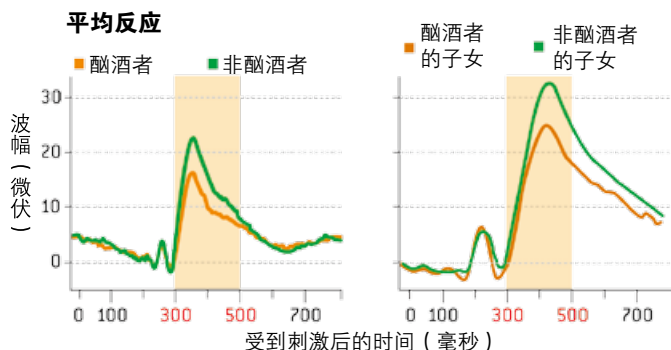
大脑中的特征活动

大脑的电活动模式是一种内在表型，是可测量的生理性状。通过监测大脑的电活动，科学家可以掌握酗酒者和具有高酗酒风险的

人具有的独特生理特征。利用这些大脑功能的特征差异，科学家发现了与酗酒和相关疾病有关联的基因。

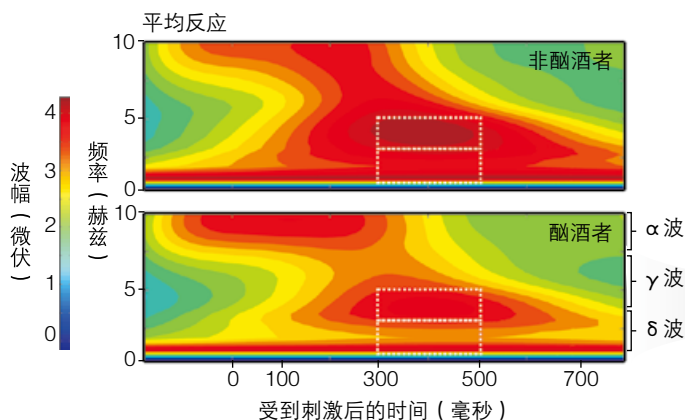
P300反应

研究人员通过连接在受试者头皮上的电极，来测量其大脑的活动。他们发现，在受到刺激（例如一道闪光）后的300毫秒到500毫秒之间，受试者的脑电图中会出现一个信号峰值。这种独特的诱发反应（evoked response）被称为P300反应。即使是在酗酒者没有喝酒的情况下，大脑中的这种反应还是明显地弱于非酗酒者。微弱的P300反应也是酗酒者子女的典型特征，这表明，之所以很多人在比较年轻的时候就养成了酗酒的习惯，很可能与大脑中的这种功能性差异有关，而且这种差异本身也是养成酗酒习惯的一个风险因子。



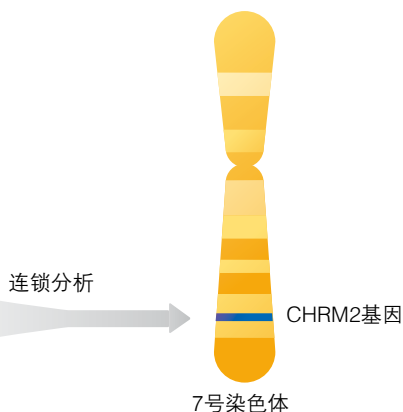
反应分析

P300大部分由低频率（ γ 波和 δ 波）的神经信号构成，而这些神经信号与大脑的认知及决策活动有关。根据频率的高低，对非酗酒者和酗酒者的脑电图数据作图，我们可以看到，酗酒者在受到刺激300毫秒后，脑电波信号强度较弱。在家族研究中，这种性状与酗酒与抑郁症相关。



与基因的关联性

在酗酒者中，CHRM2基因的变异也会削弱 γ 波和 δ 波的信号强度。CHRM2基因所编码的蛋白是乙酰胆碱（一种调控神经兴奋性的神经递质）的细胞受体。



深受酗酒影响的家庭。在此前对双胞胎、领养的孩子以及某些家族进行研究时，科学家发现酗酒习惯与遗传有着紧密的联系：在影响酗酒习惯的因素中，遗传因素至少占了50%以上。也就是说，如果要追踪某些特定的性状，并将这些性状与相关基因联系起来，家族群体是一个重要的研究对象。

大约有1,200位因为对酒精有依赖性而寻求治疗的受试者及其亲属（总人数超过11,000人）接受了调查。科学家发现，其中262个家庭都属于“酒瘾家族”，也就是说在这些家庭中，3个或3个以上的一级亲属（例如父母或兄弟

姐妹）也有酒瘾。这些家庭的每一位成员，不管是否酗酒，都接受了脑部电生理内在表型的检查，科学家还通过谈话，进一步了解他们的情况，以衡量其他与酗酒风险相关、受基因影响的特性。这些特性包括了“低反应”（即这个人必须摄取大于平均剂量的酒精才能感受到影响）、抑郁经历以及饮酒史（例如24小时内摄取酒精的最高剂量）。

这些受试者还提供了DNA样本，COGA的科学家可以检查每个人的染色体，找出不同的分子特征。这些分子特征可以作为标记：只要一看到它们，科学家就知道染色体上的某个区域具有重要研究价值。如果一些标记经常出现在“酗酒家庭”中，那个染色体区域就很可能与酗酒习惯存在某种联系。利用这种研究方法，科学家在1号、2号、4号和7号染色体上发现了类似的关联性，经过多年

► 环球科学小词典

双相情感障碍又称躁狂抑郁症，是一种病因不明，以复发性躁狂发作或有躁狂发作的复发性心境障碍为主要表现的情感性精神病。

的基因定位研究，他们在那些区域相继鉴别出了几个特定基因，比如 4 号染色体上的 ADH4 和 GABRA2 基因，以及 7 号染色体上的 CHRM2 基因。其他研究小组对不同人群的研究也证明，酗酒习惯与某些染色体区域及基因有着千丝万缕的联系，进一步证实了基因在酒瘾形成过程中发挥的作用。

比如，在细胞表面，有一种专门与 GABA（gamma-aminobutyric acid， γ -氨基丁酸，这是一种在神经元之间传递信号的蛋白）结合的蛋白质。越来越多的研究证据表明，编码这种蛋白的基因一旦发生变异，个体就很容易养成酗酒的习惯。在哺乳动物神经系统中，GABA 是最常见的抑制性神经递质，能与细胞膜上的 GABA 特异性受体结合，抑制细胞对神经信号作出反应，从而调节神经元的活动。在 GABA 的受体中，有一类受体叫做 GABA_A，由多个蛋白质亚基构成。研究发现，其中一个亚基的基因强烈影响着一种被称为 β 波的脑电波内在表型，而这一表型似乎与神经细胞的去抑制作用有关。

在大脑的额叶皮质（frontal cortex）内，有很多神经细胞都带有 GABA 受体。如果额叶皮质的抑制作用完全丧失，癫痫（seizure）就会发作。医生们治疗癫痫的方法正是激发 GABA 的活性，发挥它的抑制作用。如果 GABA 所诱导的抑制作用只是部分丧失，则可能导致行为失控或极易冲动，这两种症状是许多精神障碍的特征，比如双相情感障碍（bipolar affective disorder）、药物滥用等。COGA 联盟的成员进行的研究表明，GABRA2 基因的突变与酗酒有关，后来，又有 4 个研究小组证实了这一发现。有趣的是，GABRA2 基因的变异虽不会改变 GABA_A 受体的结构，但似乎会减少相应蛋白亚基的合成量，从而减少功能性受体的总数。

虽然人们还在研究 GABA 受体基因的突变体影响大脑中去抑制作用的确切机制，但 GABA 活性与酒精依赖性之间的关联性肯定是有意义的，因为很多酒精依赖病人都非常容易冲动。这一性状尤其与早发型酒精成瘾相关，主要见于男性。有酒瘾的人一般容易产生外化性障碍（externalizing disorder，比如行为异常），与此相对的则是内化性障碍（internalizing disorder，例如焦虑症和抑郁症）。这样一来，即使不对病人进行遗传检查，只要知道了 GABA 在成瘾过程中的作用，也有助于我们开发具有针对性的疗法。

在对酗酒内在表型的研究中，另一种备受关注的神经递质就是乙酰胆碱（acetylcholine）。它与 GABA 一样，影响着中枢神经系统中的神经细

胞。会对乙酰胆碱作出反应的神经细胞叫做胆碱能神经细胞（cholinergic neuron），在调控大脑中的兴奋与抑制作用之间的整体平衡方面，这类细胞起着重要作用。在检测了 COGA 受试者的大脑反应后，我们发现，酗酒与 CHRM2 基因所在的染色体区域有关。这一基因所编码的蛋白是一种特殊的胆碱能受体，叫做 M2 毒蕈碱型乙酰胆碱受体（M2 muscarinic acetylcholine receptor，CHRM2）。

CHRM2 受体的激活会改变大脑中的慢 β 波和 δ 波，这些脑电波与认知功能（如决策和注意力）有关。我们还把 CHRM2 基因的突变体与酒精依赖和抑郁症的临床症状联系起来。与 GABRA2 一样，影响脑电活动、酗酒和抑郁症的 CHRM2 基因变异，似乎不会改变受体蛋白的结构，而是影响这些蛋白的合成。

酒瘾的形成
有很多不同的途径，
而这些途径又有着
不同的生理基础。

这种特殊的关联性十分令人兴奋，因为它部分证实了美国范德比尔特大学（Vanderbilt University）的精神病学家戴维·亚诺夫斯基（David Janowsky）等人在 1967 年提出的假说。亚诺夫斯基认为，在大脑中不同的信号调控过程之间，必须保持一种精细的平衡，唯有这样，大脑才能正常运作。他的研究小组曾提出，在易患抑郁症和相关疾病的人群中，乙酰胆碱对毒蕈碱型乙酰胆碱受体的刺激效果增强了（超敏感性），这就是造成大脑中化学物质不平衡的根源。

最近发现的 CHRM2 基因与酗酒、抑郁症之间的关联性，第一次显示了特定基因与这种超敏感性之间的直接联系。这些有关胆碱能系统的发现，为我们提供了新的药物靶标，有利于研发出针对酗酒和抑

本文作者

小约翰·I·努恩贝格尔和劳拉·琼·贝鲁特是精神病遗传学家，他们经常合作研究遗传对多种药物成瘾和精神疾病（如抑郁症和双相情感障碍）的影响。努恩贝格尔是美国印第安纳大学（Indiana University）医学院的精神病学教授，同时也是该校精神病学研究所（Institute of Psychiatric Research）主任。贝鲁特是美国华盛顿大学圣路易斯分校（Washington University in St. Louis）精神病学副教授。与努恩贝格尔一样，她也是酗酒遗传学合作研究项目的一名研究员。本文的两位作者想感谢已故的亨利·贝格莱特（Henry Begleiter）和西奥多·瑞奇（Theodore Reich），他们分别是 COGA 创立初期的主任研究员和合作主任研究员：“我们十分感激他们在建立和壮大 COGA 过程中所发挥的领导作用，同时我们也怀着无限崇敬的心情，向他们为这个领域所做出的开创性的科学贡献表示感谢。”

郁症的特效药。我们也很想知道，为什么生理学上的细微差异能引起成瘾这样的复杂病症。

铲除酗酒恶习

酒精依赖性的形成有多种不同的途径，分别对应不同的生理基础。随着更多的基因与酒精依赖性的形成联系起来，我们可以更好地衡量个体的酗酒风险，开发个性化的治疗策略。

COGA 项目虽然是以不同的家族为研究对象，但这项研究可以帮助我们了解在不同的种族之中，特定的基因变异体在酒精上瘾过程中的作用。这并不是说，某些种族更容易养成酗酒的习惯，而是说，就像 ALDH1 基因的突变体让很多东亚人远离酒精一样，某些容易引起酗酒的基因变异也会在某些种族中更为普遍。如果知道哪些基因在某一种族中更有可能导致酒瘾形成，在治疗病人的时候，医生就可以根据种族来推测他酗酒的成因，对症下药。

我们的研究小组最近发现，有一种基因（hTAS2R16）所编码的受体蛋白与味觉感受有关，与 COGA 受试者的酗酒行为也有着明显的联系。这种基因的变异会导致个体对多种苦味物质的敏感度下降。虽然这种变异在美国白人中不常见，却出现在大约 45% 的美国黑人体内，从而成为这个族群显著的酗酒风险因子。

目前已确认的与酒精依赖性相关的遗传因素，影响着人体内多个生理过程，从酒精代谢到大脑活动，以及我们刚刚提到的味觉感受。每一种基因所产生的影响不大，只是使平均风险提高大约 20% ~ 40%，还有其他尚未发现的基因可能影响着人们对酒精的态度。

一个重要测试可以进一步确认和细化这些遗传发现：在某个人养成酗酒习惯之前，看这些基因变异是如何影响他的早期生活，以及基因变异能否预示酗酒习惯的形成。在研究中，COGA 就采取了这样的前瞻性调查，监测酗酒高危家庭中年轻成员的成长。初步结果显示，如果青少年身上携带有 ADH 基因的突变体，也许在很小的时候，他们就会开始喝酒。随着时间的流逝，他们越来越离不开酒精。携带 CHRM2 基因突变体的人的情况就有所不同，他们在青少年阶段容易表现出抑郁症的早期症状，而非酗酒问题。GABRA2 基因一旦发生突变，青少年就会变成一个问题少年：找警察的麻烦、和同学打架，甚至被学校开除，但他们一般不会提早喝酒。另一方面，在年轻人中，GABA 受体基因的突变体确实与酒精依赖有关。

这些发现又一次揭示，酒精依赖性的形成有多种不同的途径，这些途径又有着不同的生理基础。ADH 基因的突变或许是通过促使个体过量饮酒，而直接导致酗酒习惯的形成；而 GABRA2 基因突变则会使个体容易产生行为问题，而行为问题本身就是导致酗酒的一个风险因子。CHRM2

风险基因

我们目前已经发现的、影响个体形成酒精依赖风险的基因，涉及多种生理过程（包括酒精的降解、大脑功能的平衡、味觉等）。控制这些性状的基因若发生变异，既有可能让个体更容易养成酗酒的习惯，也有可能让个体远离酒精。其中一些基因的变异还与其他疾病有关，这暗示着某些行为、情绪和药物依赖问题可能有着共同的根源。

基因及其所在位置	基因编码的蛋白及其功能	基因变异的影响	与其他性状或疾病的关联
ADH4, 4号染色体	乙醇脱氢酶；参与酒精代谢	酗酒风险增加（某些突变体）	无
ALDH1, 4号染色体	乙醛脱氢酶；参与酒精代谢	预防酗酒	无
CHRM2, 7号染色体	毒蕈碱型乙酰胆碱受体M2；调控神经信号传导	酗酒风险增加	抑郁症；脑电图的 θ 波和 δ 波变化
*DRD2, 11号染色体	多巴胺D2受体；调控奖励强化效应	酗酒风险增加	烟瘾
GABRG3, 15号染色体	GABA _A 受体 $\alpha 3$ 亚基；调控神经信号传导	酗酒风险增加	无
GABRA2, 4号染色体	GABA _A 受体 $\alpha 2$ 亚基；调控神经信号传导	酗酒风险增加	药物依赖；行为障碍；脑电图的 β 波变化
HTAS2R16, 7号染色体	hTAS2R16受体；与苦味感受敏感度有关	酗酒风险增加	无
OPRK1, 8号染色体 PDYN, 20号染色体	κ 阿片受体（kappa opioid receptor）和前强啡肽原（prodynorphin，与 κ 阿片受体结合的多肽）；两者都参与对厌恶和奖励反应的调控	酗酒风险增加	应激反应；可能在海洛因及可卡因成瘾中起作用

* 迄今为止，有关DRD2的例证是相互矛盾的，还需要进一步的研究，来确认该基因在酒精和尼古丁依赖中所起的作用。

基因会通过抑郁或其他内化性的症状，来促使酗酒习惯的形成。

随着更多的基因与酒精依赖性的形成相联系，我们可以更好地衡量个体的酗酒风险，确认治疗方法对哪一部分人的疗效更好。对于像高血压、癌症以及双相情感障碍这样的复杂病症，医生在开具药物和行为处方（behavioral prescription）的时候，通常会考虑病人的遗传特性（genetic profile）和其他家庭及环境的风险因子。目前，在根据基因变异决定酗酒治疗方案方面，临床医生还处于非常初级的阶段。我们希望在将来，会有更详尽的分子准则（molecular guideline），这样就可以帮助我们开发个性化的治疗策略。

吸烟和其他药物依赖问题也常发生在酗酒者身上，并且倾向于出现在有酗酒问题的家庭中。因而，与酗酒相关的遗传发现或许也可以改善对这些问题的预防和治疗。情绪障碍和焦虑障碍也是这样，CHRM2 基因的变异与酗酒及抑郁症之间的关联性，也说明了这些问题可能在一定程度上有着共同的根源。因而，加深对酒精依赖性的认识，应该可以帮助我们分析相关病症的形成因素。

然而，遗传不能决定命运。对于一些基因变异的携带者来说，基因也许会与恶劣的成长环境（例如被虐待或忽视）相互作用，最终导致酗酒问题，但也有一些携带者却不会出现问题。如果酗酒风险一半是由遗传决定的，那另一半则肯定来自于其他因素。不会有人在作出任何错误决定的情况下，就变成一个酒鬼；只是在相同的环境中，有一些人会比其他更容易受酒精影响。目前，科学家们正在研究这种现象的根源。

批评家们认为，从公共卫生的角度出发，对酒精依赖性和其他成瘾性（包括吸烟）的遗传学研究是不划算的。例如，有些人声称，全面限制致瘾性物质的使用才更加合理，而不是浪费大量的资源，毫无意义地找出哪些人会因为减少致瘾性物质的使用，而受到最大的影响。可以肯定地说，限制酒精、尼古丁和其他改变情绪的药物的使用，的确是有益的。但是，帮助人们看清自己与酒精的距离，让他们能够作出明智的选择，过上健康的生活，这也是一件很有意义的事。

遗传测试已经让我们有机会对自身进行过去不可能进行的评估，而对于基因描述的需求也将越来越大。微阵列（microarray），也就是常说的基因芯片（gene chip），可以用来检测一个人的基因变异以及基因活性的变化，从而给予我们一系列医药、精神病学以及行为的建议。我们则可以根据自身的意愿，有选择性地采纳这些建议。科学知识



■科学家正在以“酗酒基因”为目标，开发能帮助人们摆脱“酒瘾”的治疗方法。

转为实际应用肯定不可避免，在自由市场经济的大环境下，这样的转变将由市场驱动，并充满竞争。因此，学术界必须对这个过程加以引导，帮助人们区分基因与心理学联系的真伪，并鼓励社会对这些发现进行合理的应用。

1964年，美国公共卫生部部长的报告第一次公布了吸烟的危害。在此后的几十年间，吸烟泛滥的情况因为这份医学报告与它带来的社会压力得到改善。同样，个人对自身遗传风险因子的了解也会改变他们的选择。我们也许还不能很快看到这种新信息对于公共卫生和社会的广泛影响，但随着时间的推移，它们必将产生十分深远的影响。SA

扩展阅读

The Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism: An Update. Howard J. Edenberg in *Alcohol Research & Health*, Vol. 26, No. 3, pages 214–218; 2002. Available at www.niaaa.nih.gov/Publications/AlcoholResearch

Evidence of Common and Specific Genetic Effects: Association of the Muscarinic Acetylcholine Receptor M2 (CHRM2) Gene with Alcohol Dependence and Major Depressive Syndrome. Jen C. Wang et al. in *Human Molecular Genetics*, Vol. 13, No. 17, pages 1903–1911; June 30, 2004.

Endophenotypes Successfully Lead to Gene Identification: Results from the Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism. Danielle M. Dick et al. in *Behavior Genetics*, Vol. 36, No. 1, pages 112–126; January 2006.



■在视网膜上，有一群神经细胞，它们会提取外界事物的抽象特征，形成一幅幅影像传向大脑。

视网膜上的电影工厂

人们曾认为，外界光线投射到了视网膜上，我们就看见了东西。但科学家却发现，视网膜处理的信息量比我们想象的要大得多，处理过程也要复杂得多，因为这些信息不是静态的图片，而是一部部连续播放的“电影”。

撰文 弗兰克·韦伯林 (Frank Weblin)
博通德·罗斯卡 (Botond Roska)
翻译 周林文

人类有着非同一般的视觉能力，但我们对此早已习以为常，很少有人会想一想：我们究竟是怎样看见东西的？几十年来，科学家们习惯于把我们的视觉处理系统比作摄像机：眼睛的晶状体把入射光聚焦在视网膜上的一组光感受器上，在这里将光子转化为电信号，然后沿着视神经输送到大脑，在那里接受处理和加工。但在最近的研究中，我们发现这样的比喻还不够贴切。实际上，视网膜会对视觉信息做大量的预处理工作，而后才把一系列尚未完成的影像传输给大脑，以解读这些视觉信息的内容。

这一惊人的结论，是在我们研究了兔子视网膜之后得出的（兔子的视网膜与人类的很相似，我们对火蜥蜴的研究也得出了同样的结论）。视网膜似乎是大脑延伸到外周神经系统的一部分，是大脑直接接触外部世界的窗口。视网膜怎样“制作”出那些传向大脑视觉中心的影像？现实世界如此丰富多彩，这些影像是怎么体现的

呢？影像本身是否带有某些含义，可以帮助大脑分析一个场景呢？我们的研究工作将逐步解开视觉之谜，上述问题只不过是冰山一角。

在视网膜深处有一群特殊的神经细胞，它们会将一个视觉画面分割成12条类似于影轨（movie track）的东西，每条影轨都收录了一幅粗略的影像，描绘外界景观的某一个抽象特征。视网膜会不断更新这些影像，并源源不断地传送给大脑。例如，一条影轨的内容是一幅勾勒物体轮廓的“素描画”，另一条影轨携带的信息则与物体的运动方向有关，还有的影轨负责收集光线、阴影等信息，有些影轨传输的信息目前难以归类。

在视神经内，每条影轨都有“专用”神经纤维，它们把影轨传输到大脑的高级视觉中心，在这里进行更加复杂、更加精密的处理和加工。（人类的听觉系统具有相似的结构：每条听神经传送一系列特定的音调，然后由大脑把它们组合起来。）科学家在



研究视觉皮层时发现，诸如运动、颜色和形状等特征在皮层上的不同部位进行处理，任何一个部位受损，我们对事物某一特征的认识就会产生缺陷。但是大脑感知到的这些特征，最初都来自视网膜上的影像。

视网膜是怎样“描绘”传给大脑的电脉冲图像的呢？随着研究的不断深入，对于影像是怎样生成的，我们渐渐有了一些头绪，但还不能给出一个完整的模型。大脑要真实地反映视觉世界，需要接受神经细胞投射出的12幅影像，因为这些影像包含了大脑需要的全部信息。不过，我们仍然不知道影像中的信息是如何被整合起来的。这些影像可能只是基本的素材，需要大脑在上面添加内容。

尽管兔子的视网膜上似乎捕捉了一个场景中的所有视觉信息，比如一张餐桌、一个瀑布或一张表情丰富的脸，但好像还是丢失了一些关键的信息——人们对场景的感受、态度，以及关注的焦点，这些东西都没有体现出来。或许，兔子视网膜的功能要远逊于人类的视网膜，它无法呈现人类所能捕捉到的全部图像信息——人类视网膜呈现的“高清晰度”影像包含了情感之类的信息，不过具体的方式还有待研究。

显然，视网膜上的影像形成了一种天然的视觉语言。今天，解读视觉语言有着非常重要的意义：全世界有很多研究团队都在开发人造视觉感受器，希望用它帮助盲人重见光明。科学家的设想是，把感受器放在视神经的前端代替视网膜。这项工作已经取得了些许进展，但效果还不够理想，

只能传输一些模糊不清的基本图形。在美国南加州大学的多恩利眼科研究所，人造视觉感受器的人体试验已经展开，韦恩州立大学医学院也即将展开类似的研究。就目前来看，我们离最终目标也许还很遥远，但这一阶段的成功将是一个台阶，站在“台阶”上，科学家们可以开发出足以乱真的人造视觉感受器，能像真正的视网膜一样，为大脑提供活动图像，并将天然的视觉语言融合进去。接下来的挑战便是，如何将每一幅抽象图形与视神经里相应的神经纤维“挂上钩”。

开发出有效的视网膜代替装置，需要详细了解天然的视觉语言，同时，这样做也有助于科学家解开更多的视觉之谜：眼睛和大脑怎样合作，从而得到清晰的图像？错觉怎样蒙骗了我们的眼睛？眼球怎样“追踪”快速移动的物体？电视、电脑或汽车影院的屏幕显示的图像难免有缺憾，我们的眼睛又是怎样弥补这些缺憾的？我们希望，对视网膜预处理能力的研究，是迈向终极目标的坚实一步。

视网膜的结构

视网膜的结构不仅复杂而且极其精细，其中包含了多种视觉细胞，正是这些细胞间的“交流与合作”，我们才能看见精彩的世界。

视网膜复杂的结构成就了它惊人的能力。早在一个世纪以前，伟大的西班牙解剖学家桑迪亚哥·拉蒙·y·卡哈尔（Santiago Ramón y Cajal）就首次提出了视网膜通路的经

典模型。此后，这一模型不仅被各种教科书反复引用，许多科学家还通过艰辛的试验，不断为它补充生理学上的细节。视网膜是透明的（右图①），由一层的神经元构成（右图②）。离晶状体最远的一层是视锥和视杆细胞，它们吸收入射光线，将光线转换为神经细胞的活动。与视锥和视杆细胞相连的是10种不同的神经细胞——双极细胞（Bipolar Cells），这些神经细胞有一条专门传输信号的“手臂”（轴突，axon），能伸进中央的“内网状层”（Inner Plexiform layer）。网状层看上去又分成了相互平行的10层。每种双极细胞的轴突只向其中的少数几层传输信号。

在网状层的最内侧（右图③），有12种不同的神经节细胞（紫色）。大多数种类的神经节细胞的手指（树突，dendrite）会伸进不同的细胞层，在那里接收来自双极细胞（绿色）的兴奋性信号。神经节细胞输出的影像，由视神经传送到大脑的不同区域进行分析。有些神经节树突的分支会广泛延伸，到处散播信息，还有些分支只会小范围内延伸，传送高分辨率的信息；有些会对双极细胞释放神经递质（信号分子）的频率增高作出反应，而有些则会对这一频率的降低作出反应。

不过，双极细胞传送给每一层神经节细胞的信息，都不足以拼凑成12幅影像。双极细胞发出的信号受到多种小型神经细胞——无长突细胞（灰色）的调控。一些无长突细胞在一个细胞层内起横向作用，阻止该层中相隔较远的双极细胞进行信息交流。另一些无长突细胞在细胞层之间，纵向抑制信息交流，这样就避免了不同影像的相互干扰，使每一层细胞专注于自己的任务，以免发生交叉记录信息的情况。采用这种方式，无长突细胞收集和释放信号来协调不同的影

概述 / 超现实视觉

- ◆ 视网膜不仅仅是把简单的信号传给大脑，它还会把外界景观的信息提取出来，分割成12种不同的影像。这些影像是由少数几种神经元“拍摄”的精巧而诡异的“电影”。
- ◆ 利用这些抽象出来的信息，大脑能构建出一个精细和内涵丰富的视觉世界。
- ◆ 了解这些影像所包含的“视觉语言”，将有助于研究人员研发出人工感受器，帮助盲人重见光明。也有利于揭示眼睛和大脑是如何看清世界，又是怎样被错觉欺骗的。

轨。德国法兰克福马普大脑研究所的海因茨·瓦斯勒 (Heinz Wassle)、海德堡马普医学研究所的托马斯·尤勒 (Thomas Euler), 以及美国马萨诸塞州综合医院的理查德·马斯兰 (Richard Masland) 已经找出了至少 27 种不同的无长突细胞 (他们还找到了 10 种双极细胞和 12 种神经节细胞)。

我们看到的每一样东西, 都随着时间的推移而被视觉系统记录下来。即使是三维空间里的一个静止不动的黑点, 也会在我们的视网膜里形成一部“电影”, 因为视网膜在连续地观察这个黑点。视网膜上有多种神经节细胞, 每种都传输着不同的影像。但和电影院里的不同, 神经节细胞里的影像不是一帧一帧地拍出来的, 而是连续的信号流。

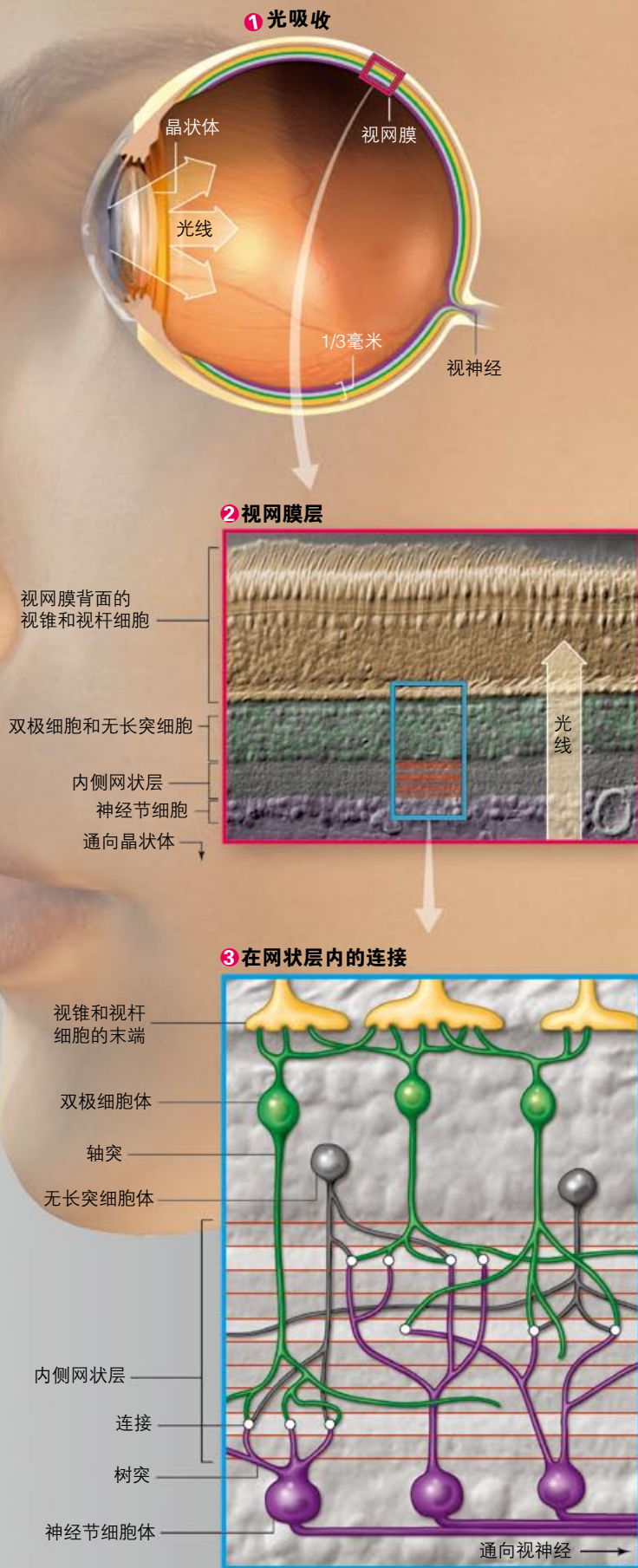
双极细胞和无长突细胞之间的交流, 会同时被各组神经节细胞记录下来, 拼凑成解读视觉世界的的数据。当我们阅读、找东西、辨认人面孔和四处走动时, 不同的影像组合是大脑唯一能获得的视觉信息。他们形成了基本的“视觉语言”, 这种语言有独特的词汇和语法, 其中蕴含着神经系统用于解读视觉图像的词汇系统。

一束光线引发的反应

科学家希望利用光束实验观察视网膜上神经细胞的电活动。他们用一束正方形光线照

本文作者

20世纪90年代初, 美国加利福尼亚大学伯克利分校的弗兰克·韦伯林和博通德·罗斯卡一起, 发现了关于视网膜功能回路的许多现象。韦伯林目前仍在该校担任神经科学教授。他曾与约翰·霍普金斯大学的约翰·道林 (John Dowling) 一起发现了视网膜神经元的独特生理特性, 随后在1973年的《科学美国人》上发表文章介绍这一发现。罗斯卡目前是瑞士巴塞尔的弗列德里希·米舍尔生物医学研究所的负责人。在那里, 他开发出了用于辨认视觉通路的基因工程技术。



射视网膜，结果，被光线照射到的以及一些没有被照射到的细胞都作出了反应，而且反应时间和反应方式都不一样，这是什么原因呢？

视网膜有着复杂的功能活动，而我们对这些活动的描述是以实验为基础的。我们可以用一个细小的中空玻璃针头，窥探单个神经节细胞内部的运作过程。利用微小的针头，我们向神经节细胞注射了黄色染料。染料进入某个细胞后，会迅即扩散至该细胞的所有树突，于是我们就可以看到这些树突延伸到了哪些细胞层。同时，细针头还可以作为电极来记录细胞的电活动，其中既有来自双极细胞的兴奋性信号，又有来自长突细胞的抑制性信号。

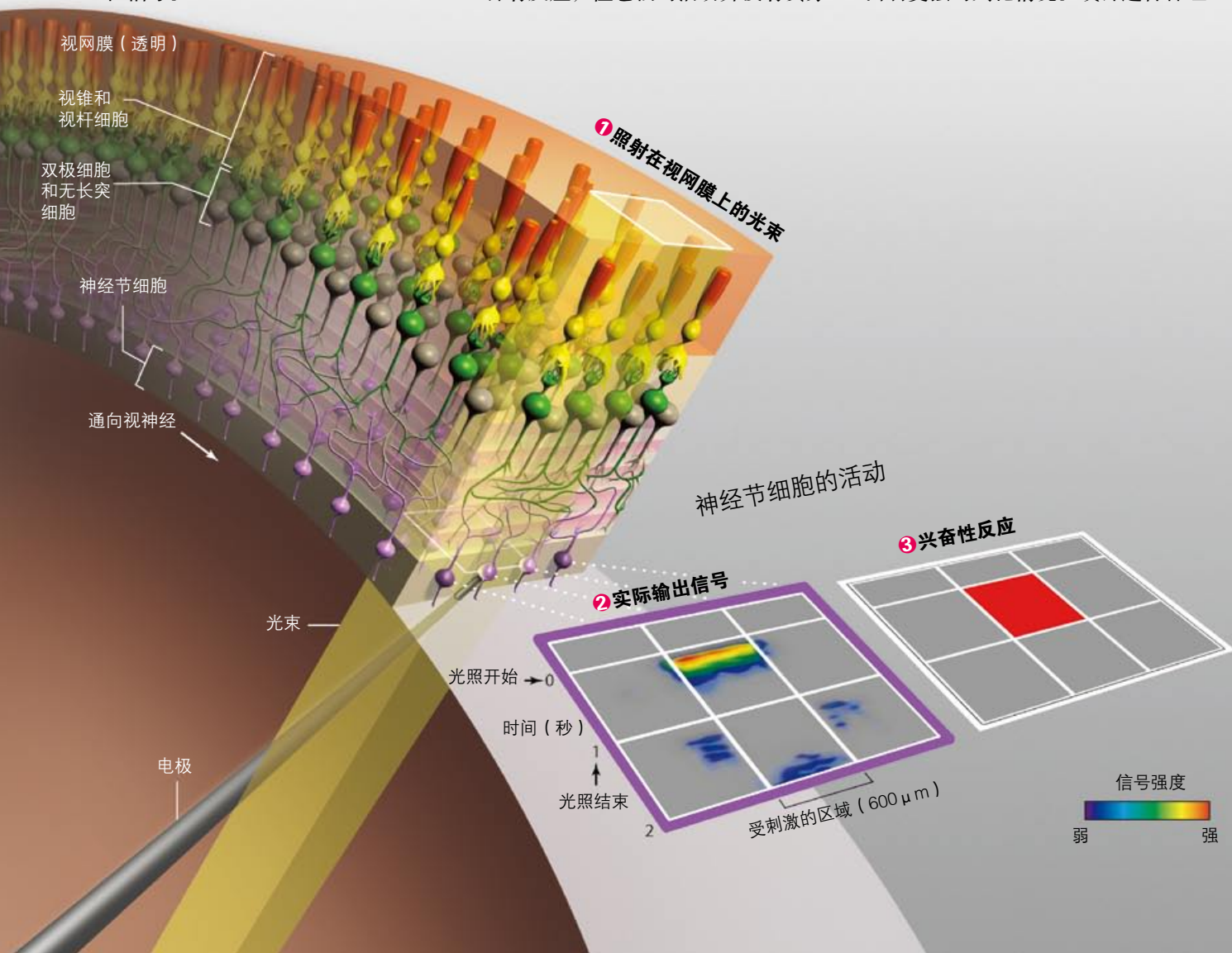
神经节细胞传输给视神经的影像是什么样子的？为了有一个直观的感受，我们先从简单的试验开始：首先，当一束方形光线射到兔子的视网膜上时（下图①），线性排列的神经节细胞有什么样的反应？这是一束边长为600微米的正方形光线，落在了视网膜上一个的特定区域，持续照射了几秒钟的时间。

在这段时间里，我们依次记录了12种神经节细胞接收到的兴奋性和抑制性信号。每一种细胞都有独特的反应模式，反应的强度也各不相同。在下面的方格中（下图②），一个方格代表一秒钟，颜色代表的则是一种细胞中信号电流的强度。

有趣的是，在图上所示的这类神经节细胞中，虽然被光线照到的细胞都有反应，但它们的反应并没有贯穿

整个光照过程。而当光照结束后，照射区域之外的一些细胞开始活跃起来。在图片中，这表现为在1秒钟之后产生的两个斑块（蓝色）。在时间坐标为两秒左右，被光照到的区域又出现了微弱活动的迹象，在图上显示出了第3块活动区域。

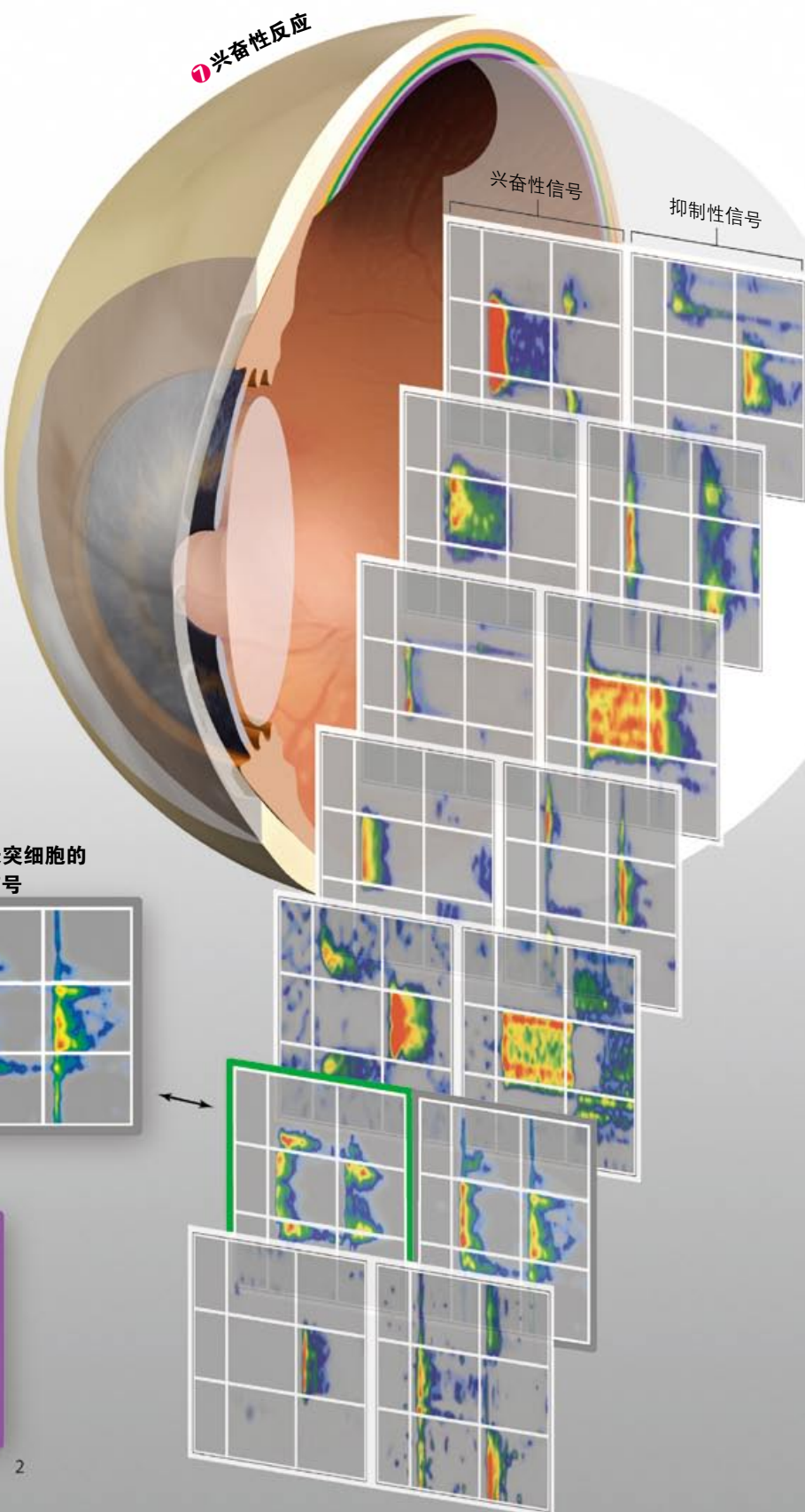
我们该怎样解释这个现象？如果在整整一秒内，所有细胞都在输出信号，那么整个过程都应该显示出活跃的图形，填满图中相应的方格（下图③）。而实际上，信号输出被过滤了；光线照射到的区域都发生了反应，但在时间上却很短，大约只持续了十分之一秒，并且是在光照开始之后的十分之一秒才开始起反应。神经节细胞的反应不仅稍微有些滞后，而且它们的反应时间显然只是在记录入射光线由弱变强的刻化情况。或许这种神经



节细胞只负责记录光照的开始，而不是整个光照过程。那两个在光照结束后出现的斑块，也许只是传达某种“关闭”信号。在两秒区出现的第3个蓝色斑块代表了什么信号我们还不清楚。

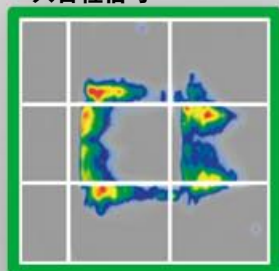
12种神经节细胞中的每一种都会输出一个独特的信号，反映视觉世界的一个方面。不过在这个输出信号中，既有来自于双极细胞的兴奋性信号，也夹杂着无长突细胞的抑制性信号。两种信号相互综合、抵消之后才能形成最终的输出信号。下面的方格图④、⑤、⑥表示了另一类神经节细胞（与前面所讲的不是同一种细胞）接收两种输入信号后，产生输出信号的过程。

就这样，每种神经节细胞都会沿着视神经，给大脑发送一幅时空影像，每一幅影像都是一对兴奋性和抑制性信号相互综合的独特产物（右图⑦）。

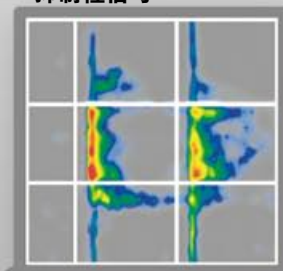


7种神经节细胞的活动

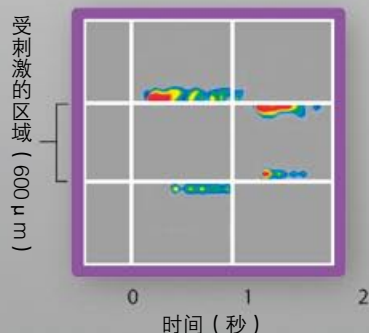
④ 来自双极细胞的兴奋性信号

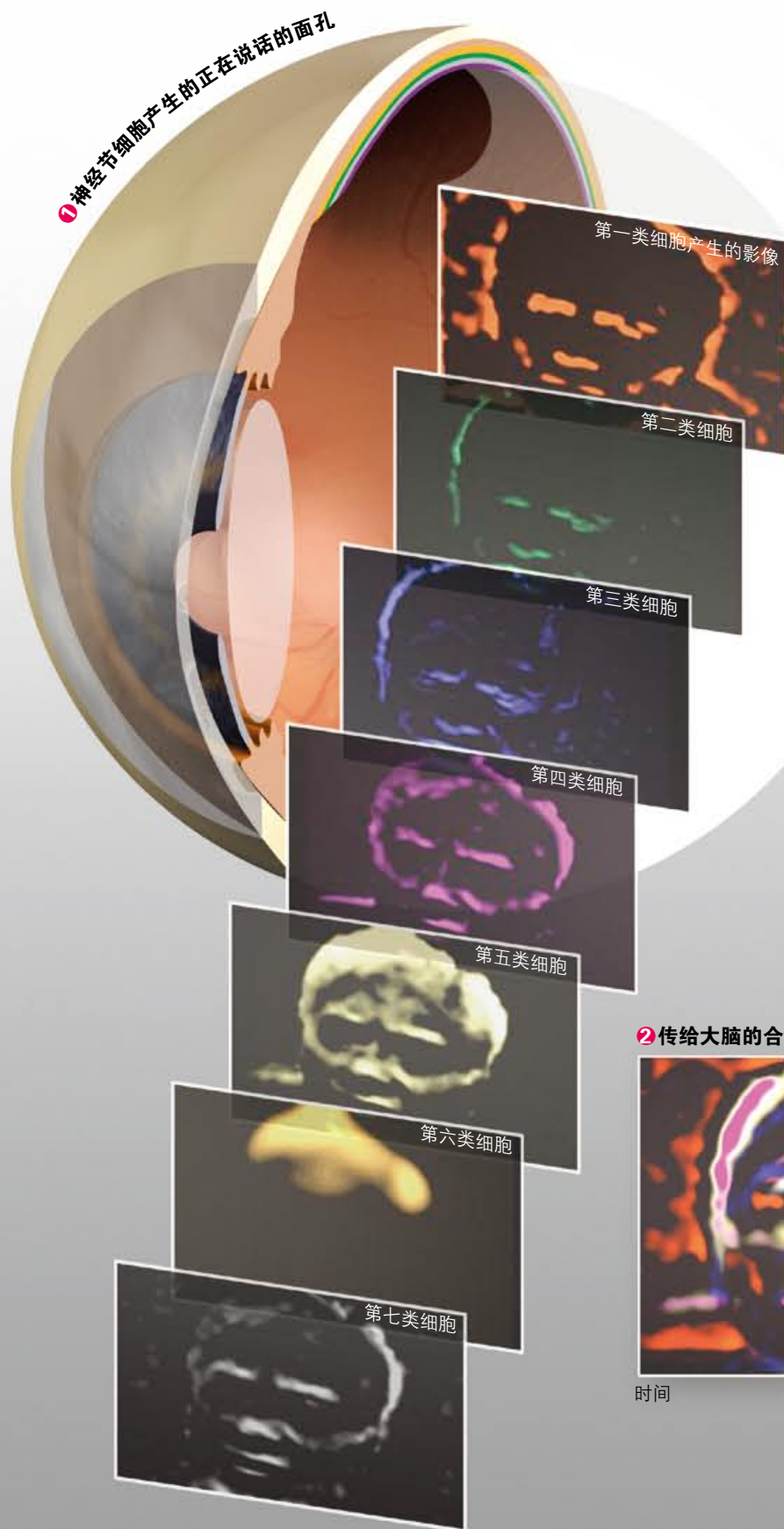


⑤ 来自无长突细胞的抑制性信号



⑥ 输向大脑的信号





12 种神经节细胞会随着时间的推移，连续为大脑发送 12 幅这样的影像（为了便于掌控实验过程，我们只记录了其中的 7 幅）。一束简单的方形光线却引发了不可思议的复杂反应。

眼睛的“滤镜”

在视网膜上，每种神经节细胞都像一个滤镜，每种“滤镜”都对一个特定的面部特征和动作非常敏感；每种神经节细胞都有自己独特的解读这个世界的方式。

当然，我们的目标是要知道一组神经节细胞怎样从视觉世界中提取有意义的信息。因为视网膜习惯处理的信息，远比一道光束有趣得多、复杂得多。我们很想知道，当一个自然场景跃入眼帘的时候，比如看到一个正在说话的人，视网膜会作何反应？那 12 幅影像分别会是什么样的？是不是每一幅影像都只提取特定的信息，彼此的功能互不重叠呢？

观测视网膜处理方形光束的实验过程尽管看上去简单明了，但是要在活兔子的视网膜上放置多根电极，来记录神经节细胞在一秒钟内的活动是

② 传给大脑的合成图像



极其困难的，更不用说持续时间更长、情况更加复杂的自然场景了。在随后的工作中，我们把来自光束实验的数据输入到一台计算机中，模拟著名的人工视网膜芯片——“细胞神经网络”（Cellular Neural Network），这是由美国加利福尼亚大学伯克利分校的蔡少堂（Leon Chua）和布达佩斯匈牙利国家科学院的塔马斯·罗斯卡（Tamás Roska）研制出来的（塔马斯是本文作者罗斯卡的父亲）。在计算机系统中，方形光束被转化为12幅由兴奋性和抑制性信号构成的时空图片，和真正视网膜中所产生的影像十分相似。

得到的结果让我们备受鼓舞。我们让韦伯林坐在相机前，说一分钟的话，再把这个自然场景输给编好程序的视网膜芯片。匈牙利布达佩斯技术经济大学的戴维·巴尔亚（David Balya）专门为此实验编写的模拟器，随即产生了7种神经节细胞的影像数据（左图①）。

为了证明芯片的模拟是准确的，我们还让活兔子看一张说话人的脸孔，检测视网膜上一些神经元的反应。我们很快就发现，每种神经节细胞都像一个滤镜，从外界场景中提取

一个特定的时空图像，并将这些信息编排成独特的电影传送给大脑。我们给计算机产生的图像赋予了不同的颜色，以便将它们区分开来。

例如，一个“滤镜”（橙色）只提取一张面孔的轮廓线条，以素描的形式再现这一场面。而另一个“滤镜”（紫色）着重提取眼睛和鼻子下的阴影。第3个“滤镜”（浅褐色）提取的则是强光区域，而不是阴影或轮廓。当然，对于这12种“滤镜”各自提取哪一类信息，我们得出的结论未必正确。遗憾的是，我们不能把实验中记录下来的图像打印出来，因为这些都是连续的动态影像，就像电影一样。

我们的实验证明，每种神经节细胞都对一个特定的面部特征和动作非常敏感，都能用独特的方式解读这个世界。人们能看到这个精彩的世界，12种神经节细胞居功至伟。但是，每一种细胞到底做了哪些贡献呢？给神

经节细胞产生的每一种图像都标上颜色，也许有助于我们解决这个问题。我们把7个图像信息组合成一部精彩的“电影”。在韦伯林说话时，不同时刻的4帧画面（左图②）再现了当时的情景：嘴唇如何一张一合，脸的朝向怎样变化等。有些图像时隐时现，让他看起来有些像幽灵。这就是视网膜产生的、大脑所接收的图像。

我们的“电影”只能大致模拟视网膜产生的图像。不过，这些电影让我们清楚地知道，在人类眼球的后面，那层薄得像纸一样的神经组织在传出信号之前，已经把外界景观分解成12个不同的组分了。这些组分相互独立，被完整地传送到不同的大脑视觉区域，一些区域会产生知觉，一些则不会。神经科学面临的挑战，就是了解大脑怎样解读这些信息包，如何产生美妙、流畅、完整的视觉图像以再现视觉世界。 **SA**

扩展阅读

Directional Selectivity Is Formed at Multiple Levels by Laterally Offset Inhibition in the Rabbit Retina. Shelley I. Fried, Thomas A. Münch and Frank S. Werblin in *Neuron*, Vol. 46, No. 1, pages 117–127; 2005.

Parallel Processing in Retinal Ganglion Cells: How Integration of Space-time Patterns of Excitation and Inhibition Form the Spiking Output. Botond Roska, Alyosha Molnar and Frank S. Werblin in *Journal of Neurophysiology*, Vol. 95, pages 3810–3822; 2006.



2秒

3秒

4秒

你不知道的 嗜睡症

撰文 乔基姆·马歇尔 (Joachim Marschall)
翻译 周林文

科学家们找到了解密一种怪病的关键线索，这种病可以让患者在毫无征兆的情况下突然入睡，使病人面临危险。科学研究给治疗这种怪病带来了新希望，同时也揭开了睡眠的秘密。

上课觉得枯燥乏味的时候，许多小学生都会偷偷地趴在课桌上打一个盹，而雷纳·施米特 (Rainer Schmitt) 却一直在努力保持清醒。显然，努力并不奏效——他几乎每节课都会睡着。这并不是老师的错，从孩提时代开始，施米特就患上了一种罕见的神经系统疾病：发作性睡眠症 (narcolepsy)。

现在，施米特已经是一名 56 岁的数学老师了，但他仍然在与挥之不去的睡意和疲劳抗争着，这是发作性睡眠的典型症状。与大多数人每天清醒 16 个小时睡 8 个小时不同，施米特几乎每过 1 ~ 2 个小时都想要睡觉，和其他发作性睡眠患者一样。睡意阵阵袭来，最终会变得不可阻挡，于是，他就真的睡着了。通常情况下，他会

睡上几秒钟或几分钟。他会在上课、开会或者谈话中突然入睡，甚至在开车时也会睡着。

每 2,000 名美国人中就有 1 人患有发作性睡眠，也就是说，美国有至少有 15 万人患有这种疾病。在中国，估计有 50~100 万发作性睡眠患者。专家说，患者通常不会把他们的困倦当作是一种病，他们不会去看医生。因此，发作性睡眠往往在患者第一次发病 10~15 年之后，才被诊断出来。

研究显示，很长一段时间里，患者在工作和社会关系上都承受着巨大的痛苦。他们中许多人都失业了，老板们常常认为他们很懒而炒他们鱿鱼，不会给他们创造适合的环境让他们有机会表现。

1877 年，德国精神病学家卡尔·弗

里德里克·奥托·韦斯特法尔 (Carl Friedrich Otto Westphal) 第一次描述了发作性睡眠，然而直到最近，科学家们才开始破解导致这种怪病的生物学原因。特别是，他们已经找到了一种在发作性睡眠患者大脑中显著减少的脑化学物质。不仅如此，令人吃惊的新证据还显示，发作性睡眠可能是一种像 I 型糖尿病和多发性硬化症一样的自体免疫性疾病。这项最新的研究催生了一个很有影响的理论，能够解释发作性睡眠患者的大脑中究竟哪一部分出了错，并为治疗这个让人失去活力的疾病提供了可能的新疗法。

安居在梦乡

发作性睡眠患者在晚间和白天都被过多的快速动眼睡眠困扰，而与这种睡眠相伴的肌肉松弛，导致了他们在睡眠突然发作时猝倒。

医生们通常会根据夜晚检测到的人脑中的活动来诊断发作性睡眠。在睡眠研究或多频道睡眠记录 (polysomnogram) 中，电极记录下受试者一整夜的脑波和肌肉活动，它们可以显示出病人在何时醒来或者处于何种睡眠阶段。

在正常睡眠中，人们首先会进入所谓的非快速动眼睡眠阶段（non-rapid eye movement, NREM），然后会依次经历第二、第三和第四阶段，睡眠也随之逐步加深。大约90分钟之后，快速动眼睡眠（rapid eye movement, REM）就开始了。眼球在眼皮下快速转动，大脑也活跃起来，开始做梦。

与之相反，发作性睡眠患者入睡几分钟后即开始快速动眼睡眠，这种现象叫做“入睡发作快速动眼睡眠期”（sleep onset rapid eye movement period, SOREMP）。医生则以 SOREMP 作为发作性睡眠的诊断标准。发作性睡眠患者的快速动眼睡眠时间也明显长于健康人。也就是说，他们在这个过程中做了很多梦，或许是梦太多了。

发作性睡眠患者长时间的快速动眼睡眠让他们无法深度入睡，而深度睡眠对于身体机能的恢复和细胞的再生，以及清晨保持警觉性来说至关重要。因此，患者在白天的困倦很大程度上是由于控制快速动眼睡眠的机制出现了问题。

与之相应的是，很多发作性睡眠患者在白天也常被一阵阵的快速动眼睡眠困扰。他们在即将入睡前或刚刚

睡醒后，会看见或听见梦境似的图像或声音。让人感到不解的是，许多患者还会出现肌肉突然松弛的奇怪现象，也叫做猝倒（cataplexy），这会让人联想到伴随正常快速动眼睡眠出现的肌肉松弛现象。

猝倒发生的时候，过度兴奋、吃惊或愤怒之类的强烈情绪，都会让发作性睡眠患者的膝盖弯曲或者让他或她的头垂下来。最严重的时候，整个肌肉系统崩溃，人就会倒下来，瘫痪几秒钟或者几分钟。“就像一栋大楼爆破后突然倒下来一样，”施米特说。相似的是，在正常快速动眼睡眠中，尽管大脑和眼睛十分活跃，身体却几乎不能动，这主要归因于肌肉紧张性的下降，因此，也就避免了人们将梦付诸行动。

不过，发作性睡眠可能不仅是快速动眼睡眠障碍。2005年，意大利特罗因那市奥西精神障碍和大脑老化研究所的神经病学家拉法埃莱·费里（Raffaele Ferri）及同事通过研究指出，患者的非快速动眼睡眠（NREM）也表现出了异常。奥西的研究人员比较了同龄的37名正常人和49名发作性睡眠患者在非快速动眼睡眠期间

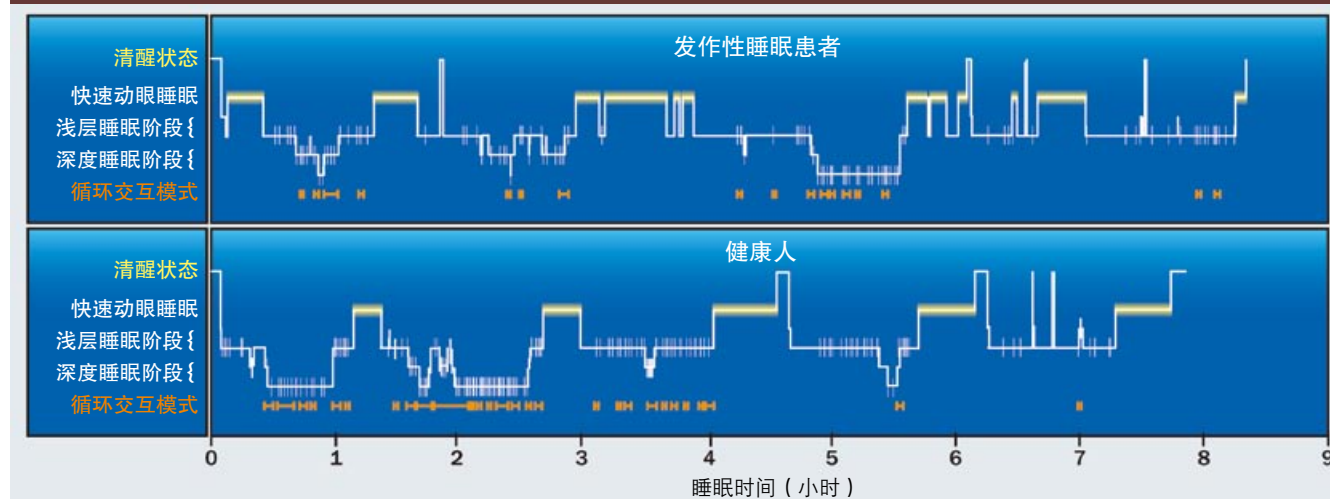
的阵发性大脑活动——循环交互模式（cyclic alternating patterns, CAPs）。他们发现，患者的循环交互模式比正常人少很多。正常人每晚会有几百次的循环交互模式，每次只维持几秒钟。科学家们认为，循环交互模式出现频率的下降，不仅仅表明患者的非快速动眼睡眠也出现了障碍，还意味着患者的睡眠不如正常人那样有助于恢复身体机能。

强力提神剂

下丘脑分泌素是大脑分泌的“提神剂”，它可以在一天中对抗逐渐增加的困倦。但在老鼠身上进行的实验似乎却表明，下丘脑分泌素的作用在于防止动物频繁地经历清醒—入睡的状态转换。

针对下丘脑分泌素（hypocretin）的最新研究，为睡眠异常的生物化学基础提供了一些最初的线索。这种大脑内的小分子化合物是由下丘脑（hypothalamus，大脑底部的一个锥形结构）后侧的多个细胞分泌的，这些细胞的数量在1万~2万之间。1998

他们自己的节律



与正常人相比，发作性睡眠患者晚间的脑波样式表现出了异常频繁的快速动眼睡眠（黄色）和更少的循环交互模式（CAPs，橙色）及有恢复作用的深度睡眠。



■开车时昏昏欲睡：发作性睡眠患者可能会发现自己真的在车上睡着了。

年人们第一次发现下丘脑分泌素时，都认为这是一种调节食欲的激素，因为下丘脑后侧的功能是调节食欲。但是后来，越来越多的证据表明，下丘脑分泌素，或者说下丘脑分泌素的缺乏，与发作性睡眠有关。

1999年，美国斯坦福大学医学院发作性睡眠研究中心的负责人伊曼纽尔·米尼奥（Emmanuel Mignot）和他的同事们报告说，下丘脑分泌素某个受体的基因发生变异可以引发狗的发作性睡眠。与此同时，美国达拉斯市的得克萨斯大学西南医学中心柳泽正史（Masashi Yanagisawa）领导的团队发现，自身不能产生下丘脑分泌素的老鼠具有与发作性睡眠患者一样的症状。米尼奥的团队不久后发现，90%的发作性睡眠患者的脑组织或脑脊液（cerebrospinal fluid，大脑周围的液体）中缺少下丘脑分泌素。这些发表在2000年的研究表明，缺少下丘脑分泌素会引发作性睡眠，患者便会随之

► 环球科学小词典

发作性睡眠 (narcolepsy)：嗜睡症的一种，多发于青壮年男性，且大多病因未明。患者除正常睡眠外，可在任何时间或场所（如行走、谈话、进食和劳动中）入睡，不可自制。每次持续数分钟至数小时，可一日数发。患者发病时常伴有猝倒、睡眠瘫痪和入睡幻觉。

沉入梦乡。

下丘脑分泌素究竟在身体中扮演着什么样的角色，发作性睡眠患者缺少了什么机能，现在科学界对此还存在争议。一些研究人员认为，下丘脑分泌素的作用是让人保持清醒，因此，发作性睡眠其实源于对使人保持清醒的那个脑区的刺激不足。这个理论与松鼠猴的下丘脑分泌素的分泌模式吻合，这种动物的睡眠周期与人类十分相似。

几年前，米尼奥和同事们测量了松鼠猴脑中的下丘脑分泌素在一天中的分泌量。他们发现，早晨醒来时，分泌水平很低。然后逐渐增加，到了这一天快结束，他们要入睡之前，达到最高峰。当这些动物睡着之后，下丘脑分泌素水平又开始下降，最后回到一天刚开始时的水平。2003年，斯坦福大学的研究团队公布的这些研究结果，说明下丘脑分泌素虽然并不能促进最初的清醒，却有助于在一天中保持警醒，对抗逐渐增加的疲劳。如果没有它，发作性睡眠患者只能保持几小时的清醒。

2000年，一项在大鼠身上进行的研究印证了这个观点，并且同时解释了为什么发作性睡眠患者会有那么多快速动眼睡眠。美国圣迭戈市的斯克利普斯研究所（Scripps Research Institute）的生物学家鲁伊斯·德莱希亚（Luis de Lecea）和他的同事们向老鼠的一个大脑部位注射了下丘脑分泌素，这个部位也就是通常情况下下丘脑分泌素刺激的部位。结果，老鼠清醒的时间比平时延长了70%。而且，与被注射盐水的老鼠相比，注射了下丘脑分泌素的老鼠快速动眼睡眠少了很多。因此，下丘脑分泌素使人保持清醒的功能在一定程度上可能归因于它可以阻止过多的梦侵扰人的睡眠周期。

但另一些人认为，下丘脑分泌素的作用是在不同的意识状态之间设置一道屏障，让大脑不会轻易在不同的意识状态之间频繁转换。美国波士顿市贝斯以色列女执事医疗中心（Beth Israel Deaconess Medical Center）的神经生物学家托马斯·斯卡梅尔（Thomas Scammell）与柳泽等人合作，细致地观测了一种不能产生下丘脑分泌素的老鼠的睡眠周期。尽管这些变异的老鼠清醒和睡眠（包括快速动眼睡眠和非快速动眼睡眠）的总时间是正常的，但它们和人类患者一样，非常频繁地在清醒、瞌睡、深度睡眠和快速动眼睡眠这几种状态之间转换。

这种不正常的转换不是因为老鼠无法保持清醒状态。斯卡梅尔的研究团队发现，在有压力的条件下，比如，当它们被放到新笼子里的时候，变异老鼠的警觉明显提高了，它们可以和正常老鼠保持同样长的清醒时间。这表明，即使不存在下丘脑分泌素，老鼠保持警觉的系统也是完好的。

大脑中的伤亡

患者下丘脑中的下丘脑分泌素分泌细胞明显少于正常人，这可能是因为他们的携带的一种特殊的白细胞抗原，导致这些细胞被自身的免疫系统被错误地杀死了。

在解释发作性睡眠患者缺乏下丘脑分泌素的原因方面，科学家们也取得了进展。研究显示，患者下丘脑中的下丘脑分泌素分泌细胞只有正常人的1/10。缺乏这种细胞说明他们的免疫系统出现了问题。

人们的白细胞表面上都携带着不同类型的免疫系统蛋白，叫做人类白细胞抗原（HLAs）。许多自体免疫性疾病都与特殊类型的白细胞抗原有关。

自体免疫性疾病是由免疫系统攻击健康的身体组织引起的,而通常情况下,免疫系统应该攻击传染性微生物。

20 世纪 90 年代,米尼奥和他的同事们发现,每 10 个睡眠—清醒障碍患者中就有 9 个具有 HLA 的亚型 HLA-DQB1*0602,而这在健康人中很少见。米尼奥和他在美国斯坦福大学的同事西野征治 (Seiji Nishino) 认为,这个事实说明,发作性睡眠可能是一种自体免疫性疾病:患者的免疫系统可能错误地攻击并摧毁了他们的下丘脑分泌素细胞。后续的研究支持了这种观点。比如,研究人员通过向老鼠注射发作性睡眠患者的免疫系统蛋白,在老鼠身上诱导出了这种疾病的一些症状。

遗传和环境因素都可能是发作性睡眠的诱因。如果双亲中的一方患有这种病,那么,孩子就有 1% ~ 4% 的几率患病。这比普通人群的患病风险高 20 ~ 80 倍,表明至少有 1 个基因会对这种睡眠障碍起作用。像 HLA-DQB1*0602 这样的免疫系统组分可能就是其中之一。

然而,遗传因素并不能完全决定发作性睡眠的发作。大约 1/5 的健康人也携带有 HLA-DQB1*0602。如果同卵双胞胎 (遗传物质完全相同的双胞胎) 中的一个患有这种病,另一个人的得病机会只有 1/3。

究竟是什么环境因素打破了这个脆弱的平衡,并使它滑向疾病的那一端,现在还不得而知。压力可能是其中一个因素。美国南密西西比大学的约翰·哈什 (John Harsh) 和马里兰州银泉的华特·里德陆军研究所 (Walter Reed Army Institute of Research) 的但丁·皮奇奥尼 (Dante Picchioni) 让患者描述在病发前都经历了什么事情。与健康的自愿者相比,发作性睡眠患者在同一时期内经历过变故的比例更

高,比如,在症状出现前的几个月里分娩,换工作或搬家。因此,重大生活变故和随之而来的心理压力可能改变了免疫系统,使疾病更容易发作。

有些科学家假设,出生前的感染可能也有影响。至少有两个研究团队——分别由米尼奥和哈什领导——发现了出生月份和发作性睡眠之间的联系:这种疾病在 3 月出生的人中出奇地流行,而在 9 月出生的人中却极其罕见。其他的神经系统疾病也有类似的模式;多发性硬化 (Multiple Sclerosis) 的患者集中在 3 月 ~ 7 月出生的人中,而癫痫病则集中出现在 12~3 月出生的人中。这些模式的产生原因可能是,在怀孕的特定时期能刺激疾病形成的感染因素,在一年中的某些时间出现的频率更高。

该醒醒啦

对于发作性睡眠,目前的治疗手段还不够成熟。患者们需要带着疾病继续自己的生活。

预防发作性睡眠的发生可能是不

切实际的,但药物能帮助患者对付疾病。目前,很多患者服用安非他明类刺激药物来抵挡白天的困倦。一些人则需要抗抑郁药物来治疗猝倒和梦样幻觉。医生们还常常推荐行为干预,比如,有计划地在最困的时候安排睡眠。不过,这些都是治标不治本,有些药物也有一定的副作用。

研究人员希望下丘脑分泌素及它的作用的发现能够催生重要的新疗法。一些人认为最好的办法就是补充缺乏的下丘脑分泌素,不过要使这种分子或它的类似物进入脑内是一个重大挑战。下丘脑分泌素是不稳定的分子,它们很容易在血流或消化道中分解,所以简单地注射或口服是没有用的。

现在,施米特带病工作,他在早上教书时基本上可以保持清醒。然后,他将下午和晚上的时间分割开,来满足自己不同寻常的睡眠需要。这样,他可能会在凌晨 3 点醒来,坐在书桌前批改试卷。“我已经和学校达成了共识,”他说。而学校也和他们的数学老师的睡眠达成了共识。SA

扩展阅读

A Brief History of Hypocretin/Orexin and Narcolepsy. J. M. Siegel, R. Moore, T. Thannickal and R. Nienhuis in *Neuropsychopharmacology*, Vol. 25, No. S5, pages S14-S20; November 2001.

Sleeping with the Hypothalamus: Emerging Therapeutic Targets for Sleep Disorders. E. Mignot, S. Taheri and S. Nishino in *Nature Neuroscience*, Vol. 5, Supplement, pages 1071-1075; November 2002.

Sleep, Sleep Disorders and Hypocretin (Orexin). E. Mignot in *Sleep Medicine*, Vol. 5, Supplement 1, pages S2-S8; June 2004.

Symptomatic Narcolepsy, Cataplexy and Hypersomnia, and Their Implications in the Hypothalamic Hypocretin/Orexin System. S. Nishino and T. Kanbayashi in *Sleep Medicine Reviews*, Vol. 9, No. 4, pages 269-310; August 2005.

Environmental Risk Factors for Narcolepsy. Dante Picchioni. ProQuest/UMI, 2006.

Narcolepsy Internet's Jumpstation list of URLs on narcolepsy: www.narcolepsy.org/narc.links.html

Narcolepsy Network: www.narcolepsynetwork.org

National Institute of Neurological Disorders and Stroke site on narcolepsy: www.ninds.nih.gov/disorders/narcolepsy/narcolepsy.htm

National Sleep Foundation information on narcolepsy: www.sleepfoundation.org/sleepionary/index.php?id=12

Stanford University School of Medicine, Center for Narcolepsy: <http://med.stanford.edu/school/Psychiatry/narcolepsy>



乌鸦究竟 有多聪明

撰文 贝恩德·海因里希 (Bernd Heinrich)
托马斯·布格尼亚尔 (Thomas Bugnyar)
翻译 冉隆华

最近的实验发现，一种鸦科鸟类——渡鸦具备非凡的能力。它们能够利用逻辑推理来解决问题，能够辨别和记住包括同类和人类在内的不同个体，还能预测其他个体可能作出的反应。可以说，它们的某些能力已经接近甚至超过了类人猿。

在美国北方森林中，一位猎人发现，雪地上一具河狸（beaver）尸体旁边，有只渡鸦（*Corvus corax*，一种鸦科鸟类，中国俗称老鸱、渡鸟）两脚朝天，在地上不停地打滚；一位生物学家艰难地爬上悬崖，给尚未离巢的渡鸦雏鸟套上标记环，而它们的父母则从上面不断抛下松散的石头；远处小木屋旁，一只孤独的渡鸦高声鸣叫，一个被叫声惊动的人抬头张望，发现隐蔽处一只美洲狮（cougar）正要向自己扑来。

估计那3个人都以为自己知道渡鸦在干什么——猎人认为渡鸦假装自己中毒了，诱骗其他渡鸦离开，从而独享河狸尸体；生物学家认为那对渡鸦试图用石头攻击他，想把他赶走；而小木屋旁的人则认为渡鸦是在提醒自己逃命。

以上各种假设并非完全不可信，但我们这些熟悉渡鸦的人，多半会提出其他可能性更大的解释：渡鸦也许是最喜欢嬉戏的鸟儿，它们经常打滚，显然是以此为乐；当食肉动物靠近它们的巢穴，它们常常都要愤怒地敲击，发出响声；渡鸦还会把食肉动物引向自己不能战胜的潜在猎物，所以，渡鸦可能正在把美洲狮引向木屋旁的那个人。

渡鸦的故事不胜枚举，许多故事都表明渡鸦聪明绝顶，但是并没有提供什么实质性的证据。渡鸦有许多不可思议的行为——例如，它们常常把大块板油弄成小片，便于搬走这些食物；它们精确地堆砌饼干，是为了能带着整堆饼干飞走；它们巧妙地处理两个炸面圈，因此能将两块食物同时带走；它们制造埋藏食物的假象，来误导偷窃者……然而，这一切都无法证明渡鸦能够有意识地思考，并作出选择，采取最适当的行动。

仅靠观察毕竟无法排除其他可能性，例如本能或通过机械学习（即死记硬背的学习方式）而完成特定行为。实际上，直到20世纪90年代，大概仅有一项细致的科学实验暗示，渡鸦具有与我们人类相似的逻辑推理能力。这项研究就是原德国哥尼斯堡

动物学研究所的奥托·克勒（Otto Koehler）在1943年公布的系列实验。克

勒揭示，通过训练，他养的10岁宠物渡鸦Jakob可以数到7。他的训

练方法是，让渡鸦从若干容器当中的一个容器下面取回食物，每

个容器的盖子上面都标注着个数不同的点。不过，过去几年

的有关研究（大多数由我们完成）最终提供了一些确凿

证据，证明渡鸦的确是智慧动物，因为它们能利用

逻辑推理来解决问题。此外，我们惊讶地发现，

渡鸦甚至能够辨别不同的个体，这种能

力与人类的辨识能力十分相似，如

果没有这种能力，我们就无法

形成社会（最多只能形成

类似昆虫那样的小群落）。

解决问题的证据

为了获得系在绳索上的食物，一些成年渡鸦会花几分钟时间来观察，然后一举成功，仅用30秒就准确地完成了多步骤的取食过程。

渡鸦并不是被冠以“聪明”头衔的唯一一种鸟类。过去20年的大量研究成果表明，渡鸦的一些鸦科亲戚（包括个头更小的乌鸦、松鸦、喜鹊和星鸦）都具备令人惊讶的聪明才智。某些鸦科鸟类在这方面的能力似乎能与类人猿媲美，甚至有过之而无不及。例如，星鸦（nutcracker）具有非凡的记忆能力，能记住数以千计的食物埋藏地点，这样的能力足以挑战大多数数人；新喀里多尼亚乌鸦（*Corvus moneduloides*）能够利用露兜树叶制作工具，并用这



■ 绳索拴在栖木上，食物系在绳索上。为了获得美食，渡鸦必须采取一系列精确的步骤——在栖木上俯身，用嘴喙咬住绳索，不停地把绳索往上拉，将拉上来的绳索放到栖木上，用脚踩住绳索，施以适当的压力，防止绳索滑落，然后松开嘴喙，再次俯身，重复上述过程。一些成熟的渡鸦用几分钟时间对情况进行研究，然后一举成功，这就是渡鸦使用了逻辑推理的迹象。

木上俯身，用嘴喙咬住绳索，不停地把绳索往上拉，将拉上来的绳索放到栖木上，用脚踩住绳索，施以适当的压力，防止绳索滑落，然后松开嘴喙，再次俯身，连续重复上述动作6次以上。

我们发现，一些成年渡鸦会花数分钟时间观察情况，然后一举成功，仅用30秒就完成了这么多步骤，它们事先未做什么准备，也没有犯错。在实验室中训练动物完成一系列动作时，通常采用的方式是：一旦动物正确完成“规定动作”，就会得到食物奖赏，而出现失误，则要受到电击的惩罚。这种方式训练出来的动物，根本不需要了解单一行为对总体结果有什么影响，就能顺利完成一整套动作。然而，我们的实验动物并没有在野外遇到过这项任务，不可能根据过去的经验教训了解该如何完成任务。因此，最简单的解释就是，渡鸦设想了各种可能的办法，并构思出了必须采取的步骤。

羽毛刚刚长出的一两个月的渡鸦雏鸟无法胜任这种复杂工作。1岁的渡鸦平均需要6分钟才能解决上述难题，在此期间，它们会试验各种可能办法，例如飞向食物，试图撕断绳索，用嘴喙啄动绳索，猛拉和扭曲绳索等。

在拉绳索的一系列动作中，没有哪个步骤可以得到食物奖赏，要获得食物，渡鸦必须完成整套动作。不过，有人可能会争辩说，每个步骤都能让渡鸦得到“精神”回报，从而促使它继续完成下一步动作，因为食物越来越近了；他们还说，渡鸦并不一定知

道每个动作都会让它离最终的愿望（即得到食物）越来越近。但是，这种解释站不住脚。如果每个步骤都要通过反复试验学习才能学会，那么就需要无数次试验，拉绳索的一系列动作可能需要耗时数月的训练时间。但试验中却并没有出现这种情况。渡鸦的行为表明，它们好像知道自己在干什么。

不过，只有当渡鸦的行为合乎逻辑时，我们才能确定它们了解自己在做些什么。例如，如果渡鸦知道它们在干什么，那么它们也应当知道自己已经做了什么。举个例子，它们应当知道，在把绳索上的食物拉上来之后，食物依然被绳索系在栖木上。为了弄清它们是否了解这些情况，在渡鸦把食物拉上栖木之后，我们发出嘘声把它们从栖木上轰走。如果渡鸦放下食物，我们就认为它们知道食物还被系在栖木上；如果它们带着食物飞走（绳子会把食物从它的嘴喙里扯出来），那么它们就不知道这种情况。大多数渡鸦会扔下食物，但是一旦拴在绳索上的食物只是放在（而没有拴在）栖木上，它们总是会带着食物一起飞走。

了解自己的行为，就很少需要或根本不需要试验，而反复试验学习则不需要任何逻辑推理能力。因此，我们设计了其他的试验方案，以确定渡鸦是否可能凭借随意动作，碰巧解决了把食物拉上来这一挑战，而实际上却缺乏逻辑推理能力。这次，我们给没有参与过试验的渡鸦设置了相似的难题，不过为了把食物拉上来，渡鸦必须把越过横杆的绳索向下拉才行。我们希望在渡鸦看来，这种作法是不合逻辑的。

在这种情况下，渡鸦仍然心系食物。它们研究装置，用嘴喙啄动绳索，或使劲拉动绳索，偶尔能使食物靠近一点点，然而它们很快又放弃了。尽

些工具取出木头缝隙中的美食——昆虫幼虫。不过，这种非凡的技艺究竟取决于天生的本能还是机械学习，取决于记忆（即过去经历的经验教训）还是推理（选择大脑中的方案并进行评价），目前研究人员还不清楚。

为了分辨到底哪种解释更合理，我们设计了许多实验。在第一次实验中，我们利用拴在绳索上的食物考验渡鸦：为了获得美食，渡鸦必须在栖

概述 / 渡鸦的智力

- ◆ 虽然渡鸦的聪明行为使大多数人相信它们是智慧动物，但还没有证据表明，它们能够有意识地设计可选择的方案，从中选出最佳方案。
- ◆ 为了寻找确凿的证据，本文作者设计了一系列实验——例如让渡鸦从一根悬垂的绳索上获取食物，将食物藏起来防止别的渡鸦发现等。
- ◆ 本文作者发现，渡鸦能够利用逻辑推理来解决问题，能够辨别不同个体（包括人和其他渡鸦），并记住它们的行为。

管以前那套拉 / 踩 / 松的标准动作能够让它们轻易得到食物，但是这次却没有一只渡鸦成功拿到食物。因此，我们认为，渡鸦能够在第一次实验中，很快掌握拉绳索取食物的全套动作，仅仅是因为那是符合逻辑推理的。显然，渡鸦有能力在自己的大脑里对行为进行检验，并预测其后果。大多数动物都缺乏这种能力，或者能力极为有限，生物适应性可以充分解释这一现象。

复杂环境进化智慧

能辨别个体的动物的社会生活，通常被视为动物智慧进化的动力。在这层意义上，预测其他个体反应的能力，让作出预测的动物本身受益无穷。

一些异常精确的行为可以在大脑比针尖还小的动物中代代相传，这一过程仍是生物学上一大谜案。例如，一种黄蜂一出生就开始熟练地制作糊浆，用来精确构建巢穴；另一种黄蜂则利用泥土制作形状完全不同却也非常特别的泥土巢穴。与此类似，各种鸟类也先天遗传了精确制作鸟巢的本能。所有家燕（barn swallow）都用泥土在架上筑巢，风干后会变得异常坚硬；崖燕（cliff swallow）则用泥土建造形如烤炉的巢穴，只留出一个小小的圆形入口。

这些十分复杂的行为都不是通过学习而获得的，也没有依赖于思维（虽然学习和思维可以改变某些先天遗传的行为）。我们都知道，思维和逻辑非常不可靠，有可能造成许多严重后果。现在，最大的问题在于，如果行为能如此精确地编码和遗传，那么为什么一些动物（包括我们人类）还会陷入糊涂的境地呢？为什么它们没有像大多数动物那样一生下来被赋予

“正确行事”的能力，只能在经历了许多事情，甚至酿成大错之后才变聪明呢？

通常的答案是，这类动物是在不可预测的复杂环境中进化出来的，在这种环境中预先设定某种行为是不恰当的。如果一种动物能辨别不同的个体，而与它一起生活的其他动物也能反过来辨别这种动物的不同个体，那么这种环境对每个个体来说确实都非常复杂。因此，能辨别个体的动物之间的群居生活，常常被视为智慧进化

的动力：在这种环境中，其他个体已经成为主要的环境因素，因此预测其他个体反应的能力就变得极为重要了。这些观点引导着我们去思考渡鸦的群居环境，试图理解渡鸦会比其他大多数动物变得更加聪明的原因。

环境造就渡鸦

为了生存，渡鸦必须从小就学会“嬉戏”，与狼共舞，适应复杂多变的自然环境。尽管这些“清道夫”很少杀生，但它们常常冒着生命危险，力图从猛兽的血盆大口下抢得一杯羹。

渡鸦的进化历史表明，它们必须适应不断变化的环境。渡鸦基本上是机会主义者，虽然它们也从事一些捕食活动，但已经演变成专门靠其他动物捕杀的猎物为生的动物了。为渡鸦提供食物的食肉动物行为难测，也可能置渡鸦于死地。通过反复试验的方法形成条件反射，似乎要付出生命的代价，因为一次错误就可能让渡鸦丧命；完全按照天生的本能反应应对捉摸不定的食肉动物，可能同样危险。

渡鸦之间争夺食物的方式，也需要它们应对不断变化的环境。几对地头蛇似的渡鸦试图独霸食物来源，而为数众多的小渡鸦和弱势渡鸦的对策则是联合起来，共同对抗地头蛇。值得注意的是，渡鸦群体为了获得食物而采取的共同行为，利用数量优势去降低危险程度的生活习性，都使资源争夺更加白热化。

食肉动物能够提供丰盛的食物，但它们很快就会把食物吃光。越早参与食物争夺，获得的食物回报就越多，它们宁可在食肉动物还在进食的时候就靠上去分一杯羹。为此，渡鸦必须能够预测食肉动物的行为，例如，食



肉动物是否有可能发起攻击，什么时候发起攻击，食肉动物能跳多远，如何分散它的注意力等。在渡鸦打食物的主意之前，就必须胸有成竹，贸然行动只能招来杀身之祸。

实际上，幼年的渡鸦会用更加安全的方式来“体验生活”。它们不必为食物操心，但还是会经常接触狼和其他大型食肉动物，降落到这些动物附近，咬它们的屁股，从而“测试”这些动物的反应。这种行为不太可能是深思熟虑的结果，而是渡鸦的一种“嬉戏”方式。大量相关的科学文献将这种“嬉戏”定义为没有任何立竿见影的效果，但是通常都具有一种终极功能的行为。这种行为并非故意为之，却是十分有用的。

甚至连幼鸦都认识到，去咬食肉动物是危险的（它们在咬的时候会表现出恐惧），因此，肯定是天生的本能刺激它们从事这种活动，因为危险的嬉戏最终有助于生存。这种行为大概会给它们提供经验，从而判断自己可以在离食肉动物多远的地方嬉戏。通过这种挑衅行为，渡鸦很快就认识到哪些动物值得信任，哪些距离是安全的。另一方面，渡鸦经常出现在食肉动物周围，这些大型动物就逐渐习以为常，不再理会渡鸦了。但是，与危险的食肉动物共舞，只是为了最终获得丰富食物而采取的一种手段而已。

食物来源常常稍纵即逝（例如，美国缅因州丛林中，鹿的尸体在一、两天内就被吃得精光），这就促使动

物先将食物搬走，然后慢慢享用。同其他鸦科鸟类一样，渡鸦也会埋藏食物。在争夺一具尸体的时候，渡鸦忙着搬走一块又一块食物，将它们掩藏起来，并用一些杂物加以伪装，使其他动物根本看不出来。此外，像其他许多鸦科鸟类那样，渡鸦能够准确记住无数埋藏食物的地点，并且在数小时或数日之内取用这些食物。与大多数埋藏食物的鸟儿不同的是，渡鸦还会仔细地观察竞争对手的埋藏行为，不仅记住自己埋藏食物的准确位置，而且还记下它们所见到的其他渡鸦埋藏食物的准确位置。

嬉戏与埋藏食物

嬉戏为幼鸦提供了经验，提高它们日后埋藏食物的技能。埋藏食物的时候，如果其他渡鸦在场，它们常常会拖延埋藏时间，时刻警惕着这些窥探到自己秘密的潜在偷窃者。

了解到与食肉动物共舞，明显有助于渡鸦学会审时度势，并采取相应行动之后，我们决定设计实验，检验嬉戏是否真正有助于幼鸦获得灵活多变的能力。埋藏食物的行为给这项研究提供了极大方便。我们还模拟森林的自然状况，设计了一座大型鸟舍，为实验提供了方便的场所。

我们发现，与以前看到的情况一样，渡鸦在埋藏食物的时候都相互回避。它们偏爱单独埋藏食物，或者用树木、石头挡住其他渡鸦的视线。埋



藏食物的渡鸦还试图赶走潜在的偷窃者。我们还发现，这些埋藏食物的技能起源于天生的嬉戏行为，这种行为会刺激它们的玩伴作出回应，使渡鸦学会如何采取适当的应对措施。这种学习过程在幼鸦离开鸟巢后不久就开始了，它们会和兄弟姐妹们一起，跟着父母学习如何辨别种类繁多的小食物，例如昆虫和果实。

鸟巢中的幼鸦以及离巢才几天的幼鸦，会用嘴喙操控各种物品，喜欢挑逗狼的尾巴。这种行为被确定为嬉戏，因为它没有带来任何立竿见影的好处，却需要花费时间和精力，或承担风险。实质上，这些物品和狼的尾巴都是“玩具”。在用一窝驯化的渡鸦进行的实验中，我们担当起母鸦的职责，每天引导幼鸦。幼鸦总是忙于啄动细枝、树叶、花朵、松果、鹅卵石、烟蒂、硬币和其他物品，这些东西是我们“种植”在地里的。数天后，幼鸦基本忽略了不可食用的物品，而急于寻找可以食用的物品。嬉戏似的物

本文作者

贝恩德·海因里希和托马斯·布格尼亚尔对渡鸦的智慧着迷，在布格尼亚尔担任美国佛蒙特大学助理研究员时，他们就一起研究渡鸦。海因里希在美国加利福尼亚大学洛杉矶分校获得博士学位，在加利福尼亚大学伯克利分校昆虫学系度过了10年时光，然后进入佛蒙特大学，自1980年以来一直担任该校生物学教授。他著有多部畅销书，其中包括《渡鸦过冬》（*Ravens in Winter*, Simon and Schuster 出版社1989年版）和《渡鸦心理》（*Mind of the Raven*, Harper Collins 出版社1999年版）。本文是他在《科学美国人》上发表的第七篇文章。布格尼亚尔曾在奥地利格吕瑙的康拉德·洛伦茨研究所从事渡鸦研究，并因此获得了维也纳大学博士学位，现为英国圣安德鲁斯大学心理学院讲师。



■在美国黄石国家公园，成熟的渡鸦（翼展达 1.25 米，体重约 1.25 千克）悄悄逼近刚被狼杀戮的动物。本文作者指出，幼鸦的嬉戏行为教会它们如何与大型食肉动物相处，渡鸦的许多食物都要依赖这些大型动物。

品控制行为为它们积累了认识环境的经验。在这一阶段，幼鸦通常仍由母鸦提供食物，所以它们能够无忧无虑地从事这些明显没有价值的事情，这些行为的好处只有日后才显现出来。

在幼鸦学习辨别可以食用和不可食用物品时，它们同时学会和增强了食物埋藏技能。最初，它们不加选择地埋藏一些容易引起它们注意的物品。后来，它们会把物品塞到缝隙中，让它们不容易被发现。一两个月后，尚未独立的渡鸦会用杂物来掩盖这些物品。这些幼鸦离巢后还要跟随兄弟姐妹和母鸦共同生活几个月时间，因此它们通常要在其他幼鸦和母鸦的眼皮下面掩藏物品，常常遭到同伴“盗窃”。我们想知道的是，埋藏不可食用物品的游戏是否有助于渡鸦获得预测其他渡鸦行为的能力，从而能够在日后成功地埋藏和保卫自己的宝贵食物。

早期经验最终是否影响成年渡鸦的行为，要用实验检验这一点就面临一个问题：我们很难控制一个渡鸦所

获取的经验。不过，我们注意到，渡鸦也观察我们实验人员，取走我们背着它们埋藏的食物。而我们的行为是自己能够控制的！为了实验，我们委托一个人扮演“偷盗者”，他总是偷窃幼鸟在嬉戏时埋藏的物品，而另一个人总是观察渡鸦埋藏物品，但是从不偷窃这些物品。等这些渡鸦长大之后，在同样的实验条件下，我们会给它们提供更多食物，而不是不可食用的物品。这次，我们让那两个人之中的一个站在一边袖手旁观。

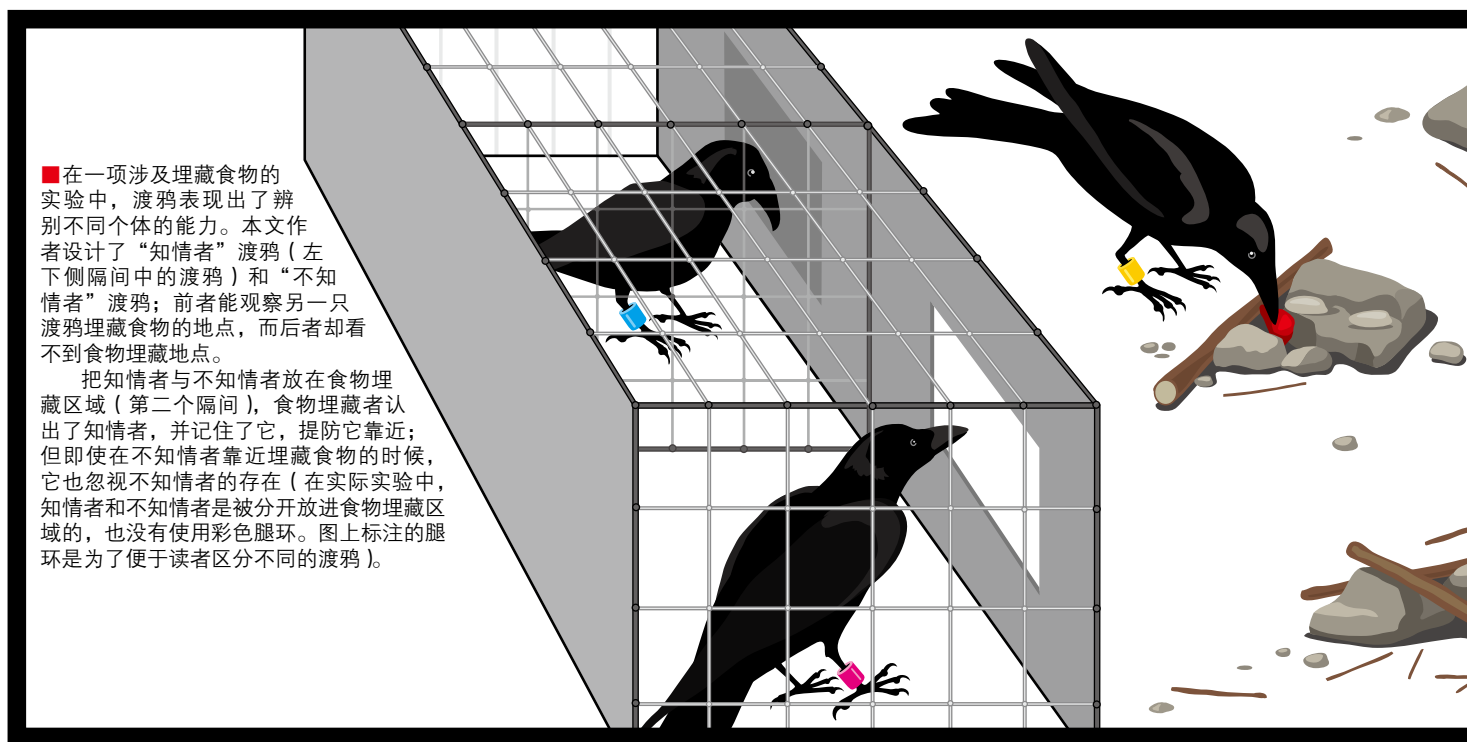
面对原先的那位偷窃者，渡鸦在埋藏食物之前明显会拖延时间（好像在等偷窃者出现注意力不集中的情况）。一旦偷窃者接近埋藏食物的地点，它们便会取走食物。相反，对于先前没有“不良记录”的友好者，渡鸦在埋藏食物时就没有明显的拖延，在他接近埋藏食物处时，渡鸦也会无视他存在。这个实验不仅表明渡鸦在遭到偷窃后会改进埋藏技能，而且还表明它们能够辨别不同的个体

（在此案例中是人）。

区分“知情者”

渡鸦具有解释或预测其他渡鸦行为的能力。它们能辨别不同的个体，能记住跟自己的行为相关的其他渡鸦。它们的行为，往往产生于自己的知情状况和对其他渡鸦反应的预测。

正如我们描述的那样，野生渡鸦通常成群采食，花费许多时间忙于埋藏食物，以备日后所需。此外，一只渡鸦常常有几十个食物埋藏地点，在这种情况下，任何一只渡鸦几乎都不可能赶走碰巧经过自己的食物埋藏点的渡鸦。不过成年渡鸦会把食物分散埋藏，遍布在数平方千米的区域内，大大降低了竞争者看见自己埋藏食物的几率，也减少了必须赶走的潜在食物偷窃者的数量。当然，在我们的鸟舍范围内，渡鸦通常只能在众目睽睽下埋藏食物，这为我们提供了机会，



■ 在一项涉及埋藏食物的实验中，渡鸦表现出了辨别不同个体的能力。本文作者设计了“知情者”渡鸦（左下侧隔间中的渡鸦）和“不知情者”渡鸦；前者能观察另一只渡鸦埋藏食物的地点，而后者却看不到食物埋藏地点。

把知情者与不知情者放在食物埋藏区域（第二个隔间），食物埋藏者认出了知情者，并记住了它，提防它靠近；但即使在不知情者靠近埋藏食物时，它也忽视不知情者的存在（在实际实验中，知情者和不知情者是被分开放进食物埋藏区域的，也没有使用彩色腿环。图上标注的腿环是为了便于读者区分不同的渡鸦）。

用实验确定渡鸦是否能够像区别对待不同的人那样，根据竞争对手的不同情况（比如它们是否看到自己埋藏食物）来区别对待它们。

我们重新进行了一系列试验，利用已知的、渡鸦能够相互辨别知识，设定了“知情者”渡鸦和“不知情者”渡鸦：前者能够看到指定渡鸦埋藏食物的地点，后者则无法看到。然后，我们把埋藏食物的渡鸦与两种不同的竞争对手进行配对，情况很像我们在观察幼鸦对偷窃者和非偷窃者反应的实验。不过，这些实验要求对鸟舍进行一些改造。

我们把鸟舍的大块区域作为埋藏食物的地点，用不透明的墙再隔出一个小隔间，在墙上开凿一个观察孔，并在观察孔前面放置一根栖木，上面可以站一只渡鸦；这只渡鸦通过观察孔能够观察主区域里渡鸦埋藏食物的情况。旁边的一个类似隔间里，也有一只渡鸦，不过其观察孔被帘子挡住。因此，两只渡鸦都能听见渡鸦埋藏食物的情况，却只有一只渡鸦能看见埋

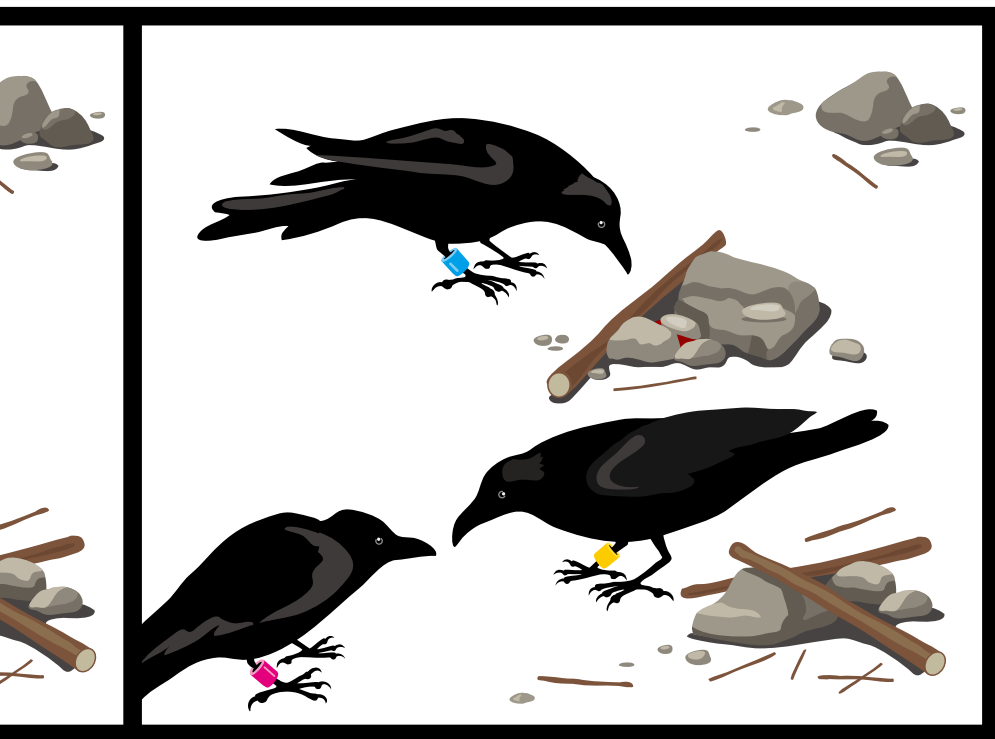
藏食物的情况。

5分钟之后，我们允许两个小隔间里的渡鸦进入食物埋藏区找寻食物，激励它们去观察食物埋藏者的动作。实际上，知情渡鸦通常在栖木上努力观察埋藏食物的情况；而不知情渡鸦试图拉开帘子偷看（我们发现，必须缚牢帘子，帘子才不会被拉开）。渡鸦埋藏了3处食物之后，我们把它从大隔间弄走，5分钟后又把它弄回去，让它取回自己埋藏的食物。它既可以当着知情者或不知情者的面取回食物，也可以背地里偷偷地取回食物。对于埋藏者来说，这两个潜在的偷窃者处于从属地位，这样它们就无法压制住隐藏者为保卫隐藏的食物所作出的反应。

食物埋藏者通常在偷窃行为似乎快要发生的时候取回食物。实验表明，埋藏者在与知情者配对的时候，它们取回食物的次数比与不知情者配对或者单独出现的时候要得多。此外，当知情者进入埋藏食物地点两米范围内，食物埋藏者就赶走知情者，而对

不知情者视而不见。我们推测，食物埋藏者记住了哪些渡鸦观看过自己埋藏食物，以后就区别对待它们，就像给它们贴上了“小偷”标签一样。它们显然预测了知情者的意图，并且防备可能发生的偷窃行为。不过，知情者也防备着食物埋藏者的防御行为：如果食物埋藏者在场，知情者就不会直接走向埋藏食物的地方，而是等到埋藏者走出一段距离才付诸行动。这些实验结果表明，知情状况和反应预测能够解释渡鸦的这些行为。

事实上，还存在着另外一种可能的解释，也许埋藏食物的渡鸦并不知道知情者看到自己埋藏食物，只是知情者在无意间留下了一些微妙的暗示，埋藏食物的渡鸦读懂了这些暗示，才采取了相应的反偷窃对策。我们设计了另一种类似的实验，试图检验这种解释是否成立。我们让一个实验人员去埋藏食物，然后把渡鸦放入食物埋藏区。如果两只知情渡鸦一起被放进去，它们便争先恐后地去偷那个人埋藏的食物。反过来，把一只知情渡



鸦与一只不知情的地头蛇似的竞争性渡鸦（它可能攻击偷窃者而获取埋藏食物）一同放入时，知情者明显采取了拖延战术，四处闲逛的时间平均增加了10倍，直到不知情的渡鸦离开一段距离之后，才接近埋藏点。这些结果与我们根据第一次实验的结果作出的预测完全相同。尽管无法完全排除“微妙暗示”的可能性，但这种情况不太可能是真的。我们的发现强烈地暗示，乌鸦能够做出这些精巧的行为，是因为它们拥有解释或预测其他渡鸦行为的能力。

渡鸦在想什么

渡鸦利用某种智力状态来引导它们的行为。为了提高自己的生存能力，它们充分利用了逻辑推理、识别力和判断力，因此分布广泛，遍及世界各地。

动物不能向我们报告它们的思想，因此研究它们的精神状态困难重重。实际上，我们不知道其他动物在

想些什么，也许永远不可能知道，我们甚至不知道其他人在想些什么。然而，按照科学传统，遵循奥卡姆剃刀原理（Occam's Razor），接受最简单的解释，我们就能得出结论：我们的实验一致证实，渡鸦拥有某种智慧，来引导它们的行为。拉绳索的实验结果表明，渡鸦利用了逻辑推理。偷窃和反偷窃的策略表明，渡鸦会根据自己的竞争者的实际情况（它们有没有看到自己埋藏食物）来判断竞争者的行为。然后，它们将所有信息综合起来，判断应该采取哪种埋藏和取回食物的策略。

渡鸦的确会学习，但仅靠学习还不能解释我们观察到的所有行为，因为行动几乎在瞬时完成，没有经过任

何反复试验的过程。我们推测，渡鸦天生遗传了嬉戏行为，在嬉戏的过程中积累经验，这是它们能够学习的前提。后来，学习转化为有意识的分析能力，即使用逻辑推理的能力。对于充斥着竞争者和食肉动物、情况复杂难以预测的群居环境而言，逻辑推理能力非常有用。这种能力还可以创造出新颖的解决问题的办法，例如把系在绳索上的食物拉上来。

我们不知道渡鸦的这种能力在人类以外的动物中有多么不同寻常。但我们怀疑，虽然这种能力在动物身上并不罕见，但一般局限于特定任务，因为动物所处环境不同，潜在的本能和学习倾向相去甚远。然而，与大部分其他动物相比，渡鸦的这种能力更为全面。我们之所以这样认为，是因为我们所了解的其他鸟类都不能像渡鸦那样嬉戏，也就无从接触如此变化多端的偶然因素，进而获得“智慧”。可能正是这种能力，使得渡鸦成为世界上自然分布最广泛的鸟类——它们与人类一样，足迹遍及全世界的各个角落。SA

► 环球科学小词典

奥卡姆剃刀原理：又称“奥卡姆剃刀定律”，是由14世纪英国逻辑学家奥卡姆的威廉（William of Occam, 约1285年~1349年）提出。他在《箴言书注》2卷15题说“切勿浪费较多东西去做用较少东西就可以做好的事情。”他只承认确实存在的东西，认为那些空洞无物的普遍性要领都是无用的累赘，应当被无情地“剔除”，概括起来就是“如无必要，勿增实体”（Entities should not be multiplied unnecessarily）。科学界后来遵循这一定律，如果两种理论都能解释某一现象，那么更为简洁的理论就会获得支持。

扩展阅读

Ravens, *Corvus corax*, Differentiate between Knowledgeable and Ignorant Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in *Proceedings of the Royal Society London, Series B*, Vol. 272, No. 1573, pages 1641–1646; August 22, 2005.

Testing Problem Solving in Ravens: String-Pulling to Reach Food. Bernd Heinrich and Thomas Bugnyar in *Ethology*, Vol. 111, No. 10, pages 962–976; October 2005.

Pilfering Ravens, *Corvus corax*, Adjust Their Behaviour to Social Context and Identity of Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in *Animal Cognition*, Vol. 9, No. 4, pages 369–376; October 2006.

氢能汽车 的最后瓶颈

撰文 苏尼塔·萨蒂亚帕尔 (Sunita Satyapal)
约翰·彼得罗维奇 (John Petrovic)
乔治·托马斯 (George Thomas)
翻译 毛宗强



■在标准汽车油箱大小的体积中，很难储存足够的氢气。

自从第一只氢气球升空起，人类便一心想利用氢气为交通运输提供动能。在世界面临能源和环境压力的今天，各国对氢能的要求更显迫切。目前，科学家们正不遗余力地加紧研发，力图把更多的氢储存到汽车上，使它能借助氢燃料行驶得更远。

1783年暮夏，法国物理学家雅克·查理（Jacques Charles）在巴黎的举动让全世界为之震惊：他制造的气球飘浮在3,000英尺（约900米）的高空。那只气球用涂覆着一层橡胶的丝绸做成，里面充满了氢气。气球降落地面不久，便被惊恐的当地农民破坏了，但查理的壮举却拉开了持续200多年的伟大探索的序幕：利用宇宙中最轻的元素——氢，为交通运输提供动力。

氢既可以燃烧于内燃机，也可用于燃料电池，下列原因使氢成了给未来车辆提供动力的颇具吸引力的选择：产业界能够利用一系列化学原料和能源（如由可再生能源、核能和化石燃料生产的电力）生产出氢，这种无毒气体可以成为多种机器的真正无污染燃料。当它燃烧时，并不产生二氧化碳等温室气体。当氢输入燃料电池组（一种发电装置，能够利用氢和氧发电），它就能驱动电动汽车或卡车，而副产物仅为水和热。燃料电池动力车辆的效率，是现有车辆的两倍多，因此氢有助于缓解日益紧迫的环境和社会问题——包括空气污染、对人类健康和全球气候的危害，以及各国对进口石油的依赖。

然而，用氢作为汽车燃料仍存在着很大障碍。以单位质量来比较，氢包含的能量是汽油的3倍，但要像储存常用液体燃料那样致密而简便地储存氢，现在仍然很难实现。最大技术难点之一，是研究者必须找到“恰当”的存储方法：既要在燃料罐中存储足够的氢，满足目前可接受的最低行驶里程——300英里（483千米），又不能因燃料罐体积太大，牺牲装载乘客和行李的空间，此外还具有以下优势：及时为汽车在高速公路上加速提供高速氢气流量，能在各种实

际温度下运行，能在几分钟内加注完毕，还要有价格竞争力等。而目前的储氢技术仍远远达不到上述要求。

全球汽车产业界、各国政府和研究人员正不遗余力克服这些困难。1977年，国际能源机构（International Energy Agency, IEA）发起并签署了《氢能实施协议》（Hydrogen Implementing Agreement），该协议的签约组织目前拥有来自13个国家的35名研究人员。氢能经济国际合作伙伴（International Partnership for the Hydrogen Economy）成立于2003年，现在已包括17个致力于发展氢和燃料电池技术的国家。2005年，美国能源部提出了一项国家储氢研究计划，进行相应的基础和应用研究，这项计划包括3个研究中心和许多产业界、大学和联邦政府的实验室。仅在2006年，该计划就提供了3,000多万美元，资助了大约80个研究项目。

氢能基础设施障碍

要给汽车加注足够的氢燃料，可谓困难重重：安全性、氢能量密度、加注基础设施等，无一不是障碍。尽管如此，工程师仍在努力达到理想中的氢燃料汽车最低行驶里程——300英里（483千米）。

要让轿车和卡车广泛使用氢燃料电池，汽车工业现有

► 环球科学小词典

雅克·查理：法国物理学家、氢气球的鼻祖。1783年8月27日，他将第一只无人操纵的氢气球放飞，这只气球上升了大约900米，飞行了24千米。同年12月1日，他又亲自驾驶氢气球自由飞行，飞越巴黎上空，两小时后降落在距巴黎43千米的小镇上。

■未来的加氢站将为车载储氢系统供应氢气。目前已有多个储氢方案处于研发阶段。



的庞大规模就成了一大障碍。在美国，汽车每天消耗的汽油高达 3.83 亿加仑（每年消耗约 1,400 亿加仑），占美国汽油总消耗量的 2/3 左右，其中一半以上依赖于石油进口。显然，要让全球汽车工业转而生产燃料电池汽车，并把大量炼油厂、输送网络和加油站转化成能够处理巨量氢气的设施，需要投入巨额资金。在保证性能与汽油内燃机汽车相当的同时，燃料电池汽车本身还必须廉价耐用，足以同现有技术竞争。此外，氢燃料还需要消除公众记忆中难以抹去的阴影：人们对 1937 年兴登堡号飞艇（Hindenburg）起火爆炸的悲剧记忆犹新，虽然有可靠的证据证明，那艘飞艇的易燃蒙皮才是引起飞艇起火爆炸的罪魁祸首，但人们依然将这场悲剧与氢气联系在一起。

在车上存储足够的氢为何这么困难？在室温（约 20℃）和常压（一个大气压，约为 14.5 磅/平方英寸）下，氢为气态，体积能量密度（energy density）大约是汽油的 1/3,000。一个 20 加仑的罐子在常压下储存的氢，只能推动一辆普通小汽车前进 500 英尺（约 150 米），所以任何实用的车载储氢系统，都必须提高氢气的存储密度。

300 英里（483 千米）的最低行驶里程，只是产业界和

政府为开发未来先进汽车技术项目——美国自由汽车与燃料伙伴（FreedomCAR and Fuel Partnership）项目的基本标准之一。工程师使用一种简单有效的方法进行计算：以能量为基准，1 加仑汽油相当于 1 千克氢。尽管今天的一般汽车行驶 300 英里大约需要 20 加仑汽油，但是典型的燃料电池汽车却只需要大约 8 千克氢，因为它的运行功效更高。能耗与车辆的类型和大小有关，不同型号的车辆所消耗的氢各不相同。目前，车辆制造商生产的 60 种氢燃料样车的行驶里程都在 100~190 英里（约 161~306 千米）之间。

一些汽车制造公司认为，第一批燃料电池汽车有望在 2010 年上路。研究人员希望，到那时，储氢技术的性能指标能够达到“6% 的标准”——也就是说，一个燃料存储系统容纳的氢能够达到自身总重量的 6%。如果达到这一标准，一个适用于汽车的、总重 100 千克的储氢系统，就可以存储 6 千克氢。6 千克不是一个很大的数字，但实现起来却极为困难：目前，即使使用在相对低压的情况下运行的存储材料，最先进的技术只能存储重量不到 2% 的氢。此外，要将储氢系统的总体积保持在标准汽油箱的尺寸则更加困难，因为要想存储这 6 千克氢，大部分储氢空间将分配给储氢罐、阀门、管路、调速器、传感器、绝热材料和其他必要的零部件。最后，一个实用的系统必须以足够快的速率释放氢气，让燃料电池与电动机的组合装置提供足够的动力，以满足驾驶员对功率和加速性能的要求。

概述 / 汽车储氢

- ◆ 燃料电池汽车的最大障碍之一，就是工程师如何在车上储存足够的氢气，以满足加注一次氢至少能行驶约 483 千米的要求。
- ◆ 在常温下，氢气通常以高压的方式储存在高压燃料罐中，但高压燃料罐无法储存足够的氢气。在低温下操作的液氢系统，也存在很大缺陷。
- ◆ 几种高密度储氢技术正在研发中，但至今均未克服这一储氢障碍。

► 环球科学小词典

兴登堡号飞艇：20 世纪 30 年代德国制造的世界最大飞艇，长约 240 多米。1937 年 5 月 6 日，“兴登堡号”从德国飞抵美国新泽西州，准备在莱克赫斯特的碇泊塔降落，大约下午 7 时 30 分，飞艇突然起火爆炸，36 人不幸罹难。

现今储氢方法：气氢与液氢

高压储氢罐用在大型汽车上相对容易，要用在小型汽车上却非常困难。将氢气液化可以提高能量密度，但会导致成本飙升，而液化过程本身也会消耗更多能量。



目前，全世界有数百辆燃料电池汽车样车，大部分采用高压罐储氢，这种容器类似于潜水员使用的氧气罐。先进碳纤维合成技术可以生产出强度大、重量轻的储罐，它能安全地存储压力在 5,000 磅 / 平方英寸 ~10,000 磅 / 平方英寸 (约 350 个 ~700 个大气压) 的氢气 (见下页图)。不过，仅仅提高压力并不一定能增加足够的储氢量。目前高压罐的质量储氢分数仅为 3.5%~4.5%。即使是在 10,000 磅 / 平方英寸以下，采用目前的高压罐 (39g/L) 所能得到的最高

能量密度，也仅为相同体积汽油能量的 15%。福特公司最近推出了“crossover SUV”原型车 (又叫 Edge)，它采用充电式与燃料电池复合系统 (combination plug-in hybrid/fuel-cell system)，在 5,000 磅 / 平方英寸压力罐内储存 4.5 千克氢，最大行驶里程可以达到 200 英里 (322 千米)。

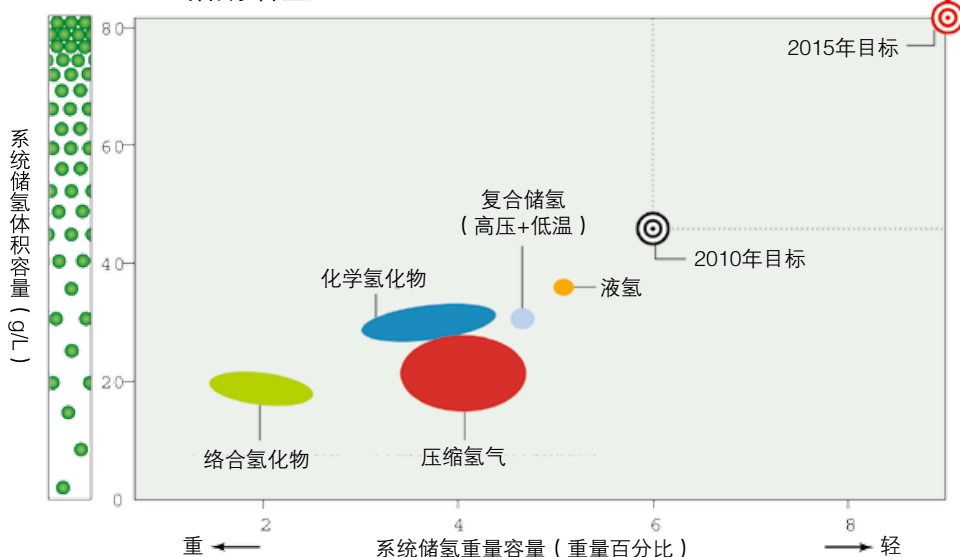
特定的运输工具，例如尺寸大、可储存足够氢气的公共客车和其他大型汽车，可以采用高压储氢罐，但是小轿车很难采用这类系统。此外，高压储氢罐的成本很高，是

储氢的挑战

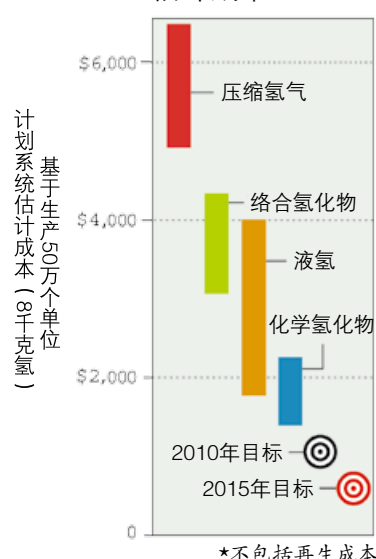
为了使汽车达到 300 英里 (483 千米) 的最低行驶里程，储氢系统必须携带足够的氢燃料，而且要求氢燃料容器结构紧凑、重量轻，方便置于车内。为了满足第一代燃料电池汽车的技术要求，到 2010 年，储氢容量应达到质量储氢分数 6% 和体积储氢分数 45g/L (第一幅图中的黑色标靶)，但是，目前开发的储氢技术尚不能达到这一要求。到 2015 年，更多类

型的车辆将使用储氢系统，届时对储氢技术性能的要求会更高。应当指出的是，下面的数值包括运转每一套系统所需的所有设备。以液氢储存为例，液氢的体积密度为 71 g/L，但纳入液氢储罐及其附属组件之后，容量则降至 40 g/L 以下。吸附储氢还处于研发的初级阶段 (见第 75 页图)，目前还不能提供容量和价格数据。

氢气储存容量



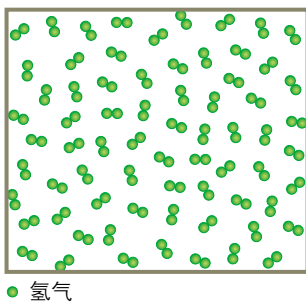
估计成本



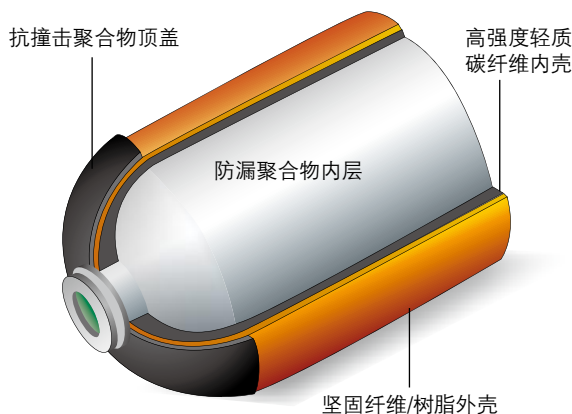
压缩氢

轻质而坚固的高压容器，类似潜水员使用的氧气筒，储存 5,000 磅 / 平方英寸 ~10,000 磅 / 平方英寸的压缩氢气。

储存密度



● 氢气



优点	缺点	现状
质量轻	体积大，需要高压压缩及加注燃料	现成可用

目前市场上通用的轿车油箱系统的 10 倍以上。

将储存的氢气液化可以提高氢能量密度，可以在大小固定的空间里储存更多氢气。同其他气体一样，充分冷却的氢气可以冷凝成液体，常压下，需要冷却到 -253°C 。液氢 (liquid hydrogen) 的密度是 71g/L ，约为汽油能量密度的 30%。该系统的质量储氢分数，取决于所采用设备的容

本文作者

苏尼塔·萨蒂亚帕尔、约翰·彼得罗维奇和乔治·托马斯，均为美国能源部储氢技术应用研究和开发项目专家。萨蒂亚帕尔在学术界和产业界职位众多，为美国能源部应用储氢研究与开发活动小组负责人。彼得罗维奇是美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的研究员 (现已退休)，也是美国能源部顾问及美国陶瓷学会和美国国际材料学会成员。托马斯目前是美国能源部顾问，在美国桑迪亚国家实验室工作了 30 多年，从事氢气对金属影响方面的研究工作。

本文译者

毛宗强，清华大学教授、博士生导师。1993 年起研究氢能，曾担任国家 973 氢能项目首席科学家，现为国际氢能学会理事会成员、中国可再生能源学会副理事长、世界环境基金 (GEF)、国际氢能经济合作伙伴 (IPHE) 等国际组织中国专家。2006 年荣获国际氢能学会 (IAHE) Jules Verne 奖、中国石油和化学工业协会科技进步二等奖。

量和绝热材料的性能 (见下页图)。

但是液氢的缺点也很明显。首先，液氢沸点极低，必须使用低温设备，特别要注意安全操作；它在低温下运转，容器的隔热性能必须非常出色；将氢气液化，所消耗的能量多于将气体压缩至高压所消耗的能量，这将引起燃料成本攀升，降低低温冷却过程的总能效。

尽管如此，仍有一家汽车制造商正在将该技术推向市场。宝马公司计划今年推出一款名为“氢能 7”系列的汽车，它的内燃机发动机既能使用汽油 (行程为 300 英里，483 千米)，也能使用液氢 (行程为 125 英里，201 千米)。“氢能 7”系列车将有选择性地出售给拥有加氢站的国家的顾客。

络合金属氢化物储氢

提高储氢能量密度的一条重要途径，就是将最适用于储氢的金属氢化物材料投入实际应用，在相对低压的环境下，这种材料的能量密度超过液氢，但它的缺点是质量过重。

研究人员可以利用氢本身的化学性质，寻找可能的方法来提高储氢能量密度。在纯净的气态和液态下，每个氢分子含有两个束缚原子 (bound atom)，但是当氢原子与某些其他元素键合在一起，氢原子就能比液氢结合得更紧密。现在，储氢研究的首要目标，就是发现具备相关性能的材料。

一些研究人员致力于可逆金属氢化物 (reversible metal hydride) 的研究，这种化合物是荷兰菲利普埃因霍温实验室 (Philips Eindhoven Labs) 在 1969 年偶然发现的。研究人员发现，一种钐-钴合金在高压氢气环境下，能像海绵吸收水分那样吸收氢气。压力消失后，合金中的氢就释放出来，换句话说，吸氢-放氢的过程是可逆的。

在这项发现的基础上，研究人员进行了深入研究。美国布鲁克海文国家实验室 (Brookhaven National Laboratory, BNL) 的科学家詹姆斯·赖利 (James Reilly) 和国际镍业公司研发中心的科学家加里·桑德罗克 (Gary Sandrock)，是氢化物合金吸放氢性质研究领域的领军人物。他们的早期工作为当今广泛使用的镍氢电池奠定了基础。由于氢原子被限制在金属原子的晶格中，因此氢在这些合金中的密度要比液氢高出 150% (见第 74 页上图)。

金属氢化物的许多性质非常适合汽车。在 10 个 ~100 个大气压的相对低压环境中，金属氢化物的能量密度就能超过液氢。此外，金属氢化物本身就很稳定，储存的时候无需额外的能量，不过释放氢的时候需要从外部提供热量。然而，这类金属氢化物的致命缺陷在于它们的质量——对

于实用的车载存储系统来说，它们太重了。迄今为止，金属氢化物研究者研发的最先进技术，所能达到的最大储氢容量也仅为总重量的2%。按照这样的水平，行驶300英里的路程需要1,000磅（约450千克）的储氢系统，这对于目前通常重达3,000磅的汽车来说，显然过于沉重。

目前，金属氢化物的研究集中在具有高储氢容量的物质上。研究者对高储氢物质进行改良，使它能够满足汽车储氢系统的要求，即能在100℃的温度环境和10个~100个大气压的压力环境下正常工作，并且迅速释放氢气，以满足车辆快速启动的需求。一般来说，高储氢容量的金属释放氢的温度也较高。例如金属镁，它形成的镁氢化物含有7.6%的氢，但是必须加热到300℃以上才能释放氢。如果一套实用系统利用燃料电池的废热（约80℃）作为释放氢的热源，那么氢化物释放氢的温度必须降低。

不稳定氢化物

不稳定氢化物是络合氢化物中的一类含氢材料，许多汽车制造商满怀期望，将它视为近期和中期的储氢系统中能够实现的、最可行的低压操作途径。

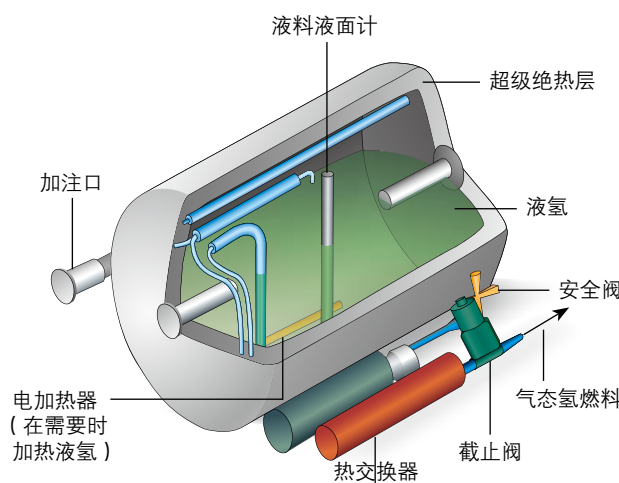
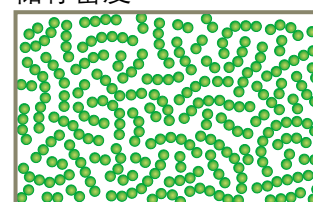
美国加利福尼亚州马利布HRL实验室的化学家约翰·J·瓦约（John J. Vajo）和格雷戈里·L·奥尔森（Gregory L. Olson），还有其他地方的研究人员，正在探索一种克服温度问题的新方法。他们用几种物质组成“不稳定氢化物”（destabilized hydride），改变了反应路径，让这种化合物可以在较低的温度下释放氢气。

不稳定氢化物是络合氢化物中的一类含氢材料。化学家很早就认为，这类化合物并不是制造汽车储氢系统的理想原料，因为它们具有不可逆的性质——一旦化合物分解释放出氢，就需要对它们重新处理，才能恢复到氢化状态。1996年，德国米尔海姆马普煤炭研究所（Max Planck Institute of Coal Research）的化学家鲍里斯拉夫·博格达诺维奇（Borislav Bogdanovic）和曼弗雷德·施维卡迪（Manfred Schwickardi）的发现却震惊了氢化物研究界：他们发现，钠铝氢化物在添加了少量的钛之后变成了吸放氢的可逆材料。过去10年间，这一工作引发了该领域的研究热潮。HRL实验室发现的含有二氢化镁（magnesium hydride）的不稳定氢化物硼氢化锂（lithium borohydride），可以吸收占自身重量大约9%的氢，释放氢的温度为200℃。这一进步值得注意，但是对于实际应用来说，温度仍然太高，氢气释放速度也太慢。不过，这一研

液氢

气温降到-253℃时，氢就会冷凝和液化。为了保持如此低的温度，需要相当数量的绝热和辅助设备。

储存密度



优点	缺点	现状
质量轻、体积小	由于液氢挥发而不断损失，氢气液化时耗能大	现成可用

究工作的前景仍然看好。

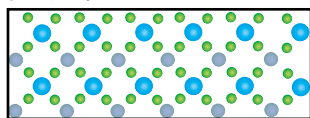
尽管目前的金属氢化物有许多局限，但是许多汽车制造商仍满怀期望，把它们视为近期和中期能够实现的、最可行的低压储氢方案。例如，日本丰田和本田汽车公司的工程师正计划开发一种复合方法：把中等压力容器（压力远低于10,000磅/平方英寸）和固体金属氢化物结合到一套系统之中。开发人员预期，采用这套系统的燃料汽车行驶里程可以超过300英里。美国通用汽车公司拥有不少储氢技术专家，该公司的斯科特·乔根森（Scott Jorgensen）在俄罗斯、加拿大、澳大利亚等地，资助了多个金属氢化物研究项目。通用汽车公司还与美国桑迪亚国家实验室（Sandia National Laboratories）携手，展开了一项为期4年、耗资1,000万美元的合作项目，旨在研制复合金属氢化物储氢系统样机。

络合氢化物

氢和金属或其他物质化合，生成金属氢化物（metal hydride，见下图）和络合氢化物（complex hydride，见右图），在需要时加热这些化合物，就会释放出氢燃料。



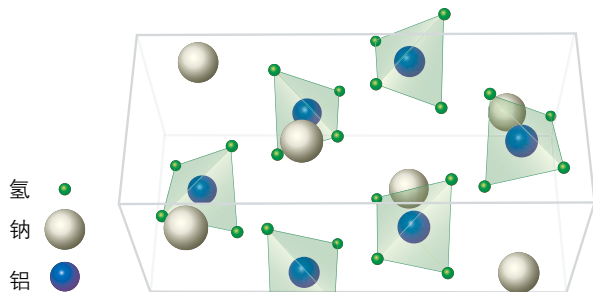
储存密度



络合氢化物

● 氢
● 金属原子
● 添加剂

优点	缺点	现状
体积小，可能在车上加气，可以在中压到低压下操作	重量大，需要高温，燃料流量不够大	开发中



铝氢化钠（络合氢化物例子）

储氢载体

新型液氢载体一直是科学家致力研究的对象，且层出不穷：萘烷系统储氢技术、基于碳氢化合物的有机液体储氢技术、使用氨基化硼烷储氢技术……

其他储氢技术也有可能适用于汽车，但在加氢时会遇到困难。总的来说，这些氢化物释放氢气后，需要工业化处理来补充被消耗的材料。处理步骤需要在车外进行，也就是说，一旦车上储存的氢化物释放氢气后，必须在服务站回收反应所产生的残余物，并在化学工厂进行再生处理（见下图）。

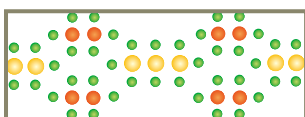
20 多年前，日本学者就利用萘烷系统研究了这种方法。萘烷（ $C_{10}H_{18}$ ）受热后，通过改变自身化学键结构而转变

为萘（化学式为 $C_{10}H_8$ ，有刺激性气味的化合物），释放 5 个氢分子。氢气就在萘烷液体转变为萘的过程中涌出。当萘暴露在适当的氢气气压环境中，也会发生逆反应，吸收氢气，并转变回萘烷（储存的氢量占材料总重量的 6.2%）。美国宾夕法尼亚州阿伦敦的气体产品和化学品公司的化学家艾伦·库帕（Alan Cooper）和吉多·佩兹（Guido Pez），正在使用有机液体（主要是碳氢化合物）研究类似技术。其他科学家，包括美国西北太平洋国家实验室（Pacific Northwest National Laboratory）的 S·托马斯·奥特里（S. Thomas Autrey）及同事，宾夕法尼亚大学化学系教授拉里·G·斯内登（Larry G. Sneddon）也在致力于新型液体载体的研究，如氨基化硼烷。这种化学物质可以存储大量的氢，然后在适当的温度下释放氢气。

化学氢化物

这些含氢化合物，可能是液体或固体，在加热或与催化剂接触时就会释放氢气（见右侧照片）。最右侧的化学流程图显示，典型的化学氢化物（chemical hydride）使用之后必须在车外再生，以便重新加注氢气。

储存密度

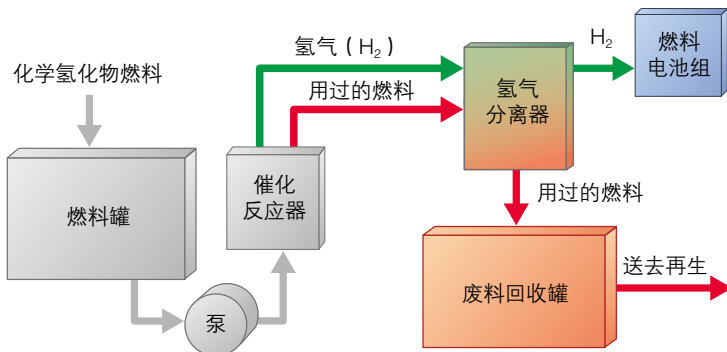


● 氢
● 其他元素或化学物质



N-乙基咔唑

优点	缺点	现状
质量轻，体积小，可能为液体	用过的材料需要回收再利用，会产生车外再生和相关基础设施成本	开发中



储氢新材料：纳米材料

纳米材料为车载储氢技术的研究开辟了新途径。但要真正研制出最佳储氢系统尚需时日，科学家尚须克服诸多困难。然而，攻克这一技术难关，是人类长期以来的愿望。

吸附氢分子的高比表面积（物体的表面积与体积之比，称为比表面积，这个数据对纳米材料的性质具有重要影响）轻型材料（见右图），能够提供另一种解决储氢难题的方法。我们可以想到，附着在任何表面上的氢气量都与材料的比表面积有关。最近对纳米材料工程的研究取得了进展，研究人员发现了一系列具有高比表面的新型材料，其中一些材料的比表面超过 $5,000\text{m}^2/\text{g}$ （相当于一茶匙粉末具有约 121 公顷大小的表面积）。碳基材料尤其令研究者感兴趣，因为它们重量轻，成本低，可以形成多种纳米结构，如碳纳米管（carbon nanotube）、纳米角（nanohorn，角状的纳米管）、碳笼（fullerene，球形分子）和气凝胶（aerogel，多孔固体）。活性炭（activated carbon）是一种相对便宜的材料，可以储存约 5% 质量百分比的氢气。

然而，这些碳结构材料都有一个共同的局限：氢分子与碳原子的结合很弱。这就意味着这类高比表面材料必须在接近液氮温度（ -196°C ）的条件下才能储存氢。研究氢化物的科学家正在努力降低氢气的束缚能，而研究碳材料的学者刚好相反——他们更改材料的表面，或添加可能改变其性能的金属掺杂剂，以此提高氢的束缚能。这些研究者还采用碳结构的理论模型，寻找适合进一步研究的、更具实用前景的碳结构材料。

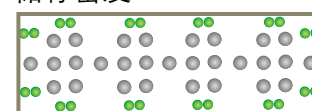
除碳基材料以外，一类被称为金属有机材料（metal-organic material）的物质也成了纳米级储氢材料的热门候选材料。几年前，时任美国密歇根大学安阿伯分校化学教授（现在加利福尼亚大学洛杉矶分校任教）的奥马尔·亚吉（Omar Yaghi），发明了这类被称为金属有机骨架（metal-organic frameworks, MOFs）的材料。亚吉和同事发现，将无机化合物（inorganic compound）与有机“支架”材料连接，就能制作这类全新的多孔结晶材料（见右图）。制备得到的 MOFs 是一种合成化合物（synthetic compound），它的规整结构和物理特性都可以人为控制，以实现不同的功能。这些多相结构可以有很大的比表面积（高达 $5,500\text{m}^2/\text{g}$ ），研究者还可以在这些结构上嵌入化学位，增加它的束缚氢的能力。目前，研究者已经证实，在 -196°C 条件下，MOFs 的储氢容量可以达到 7%。他们将继续改善这种材料的性能。

尽管目前进行的储氢技术研究一直受到支持和鼓励，

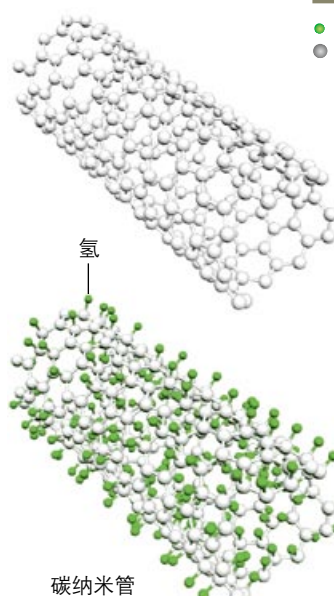
氢吸附剂

氢原子容易吸附在一些经过“设计”的材料上。

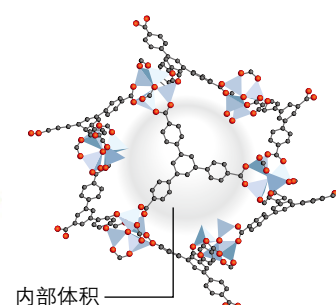
储存密度



● 氢
● 碳基化学物质或其他纳米结构



碳纳米管（左上图）可以容纳氢，并在需要时释放氢（左下图）。化学家设计出了金属有机骨架分子（下图），使氢分子容易附着在这种结构上面。



金属有机骨架

优点	缺点	现状
重量轻，在车上具有可逆性，有可能在室温下工作	体积大，可能要求在低温下工作	初级研发阶段

但要研发出真正的合适储氢技术尚需时日，尚须持续地创新性研发。几个世纪以来，人们对于在交通中使用氢气的期望和挑战基本上没有改变。早在 18 世纪末，雅克·查理就将氢气装在实用型轻质容器中，让自己能够乘着氢气球遨游天空。如果能找到一种类似的合适容器，把氢气储存在汽车内，在 21 世纪的未来几十年里，人们就可以环球旅行，同时不再污染天空。SN

扩展阅读

The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs. National Research Council and National Academy of Engineering. National Academies Press, 2004. Available at www.nap.edu/catalog.php?record_id=10922

Hydrogen Program: 2006 Annual Merit Review Proceedings. U.S. Department of Energy. Available at www.hydrogen.energy.gov/annual-review06-proceedings.html

United States Council for Automotive Research: www.uscar.org
International Energy Agency's Hydrogen Implementing Agreement: www.ieahia.org

International Partnership for the Hydrogen Economy: www.iphe.net

夜空中的点点繁星并非全是我们的银河系的土著居民，许多诞生于其他星系的恒星混杂其间，幽幽地诉说着它们的家园被银河系侵占瓦解、它们自己被银河系掠夺俘虏的悲惨历史。找出这些星际战俘，追溯它们的来龙去脉，就能重建银河系征战侵略、发展壮大的历史，甚至还能探测银河系最黑暗的秘密——暗物质的分布及其本质。

银河系的星际战俘

撰文 罗德里戈·伊巴塔 (Rodrigo Ibata)

布拉德·吉布森 (Brad Gibson)

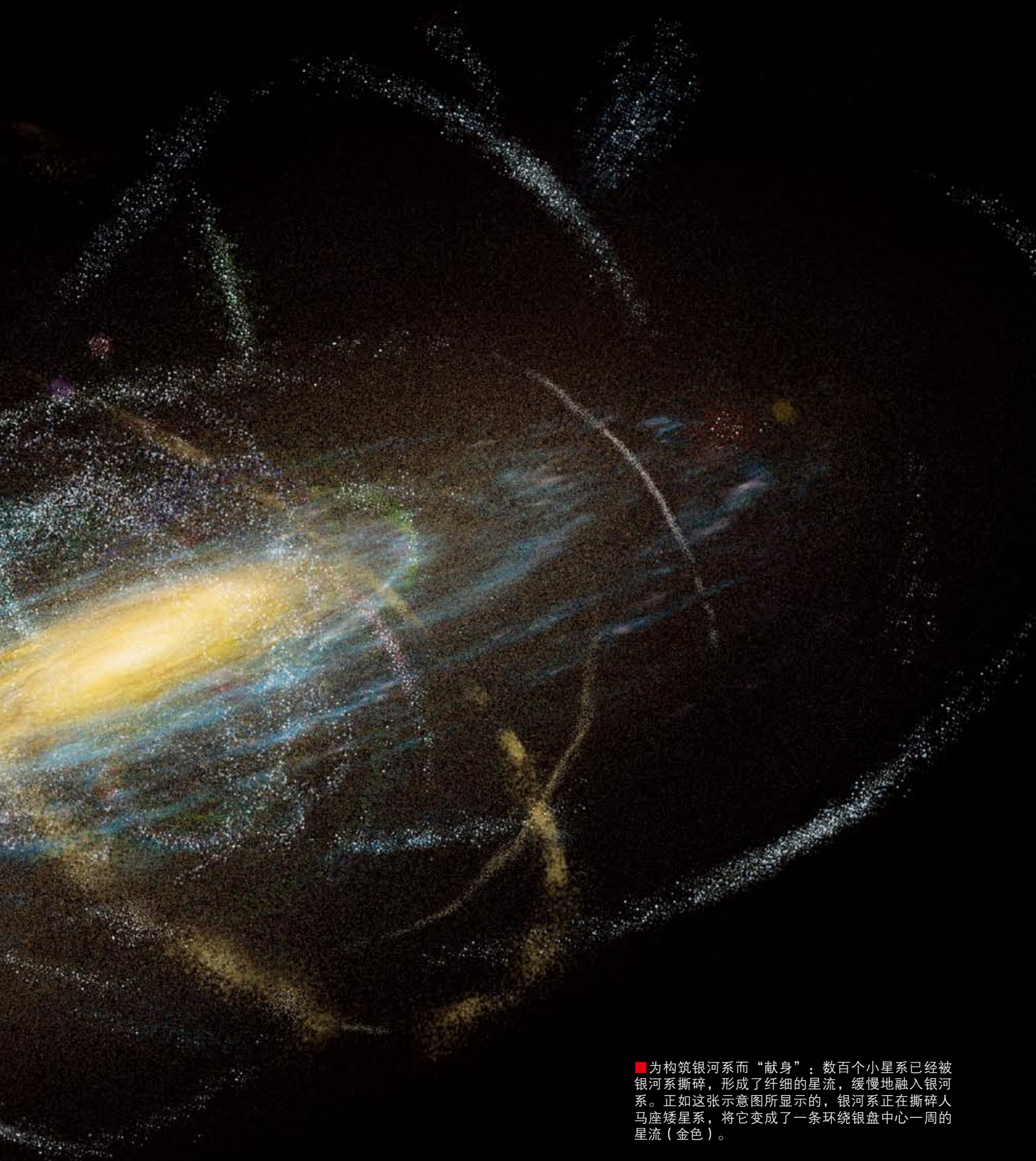
翻译 谢懿

审校 赵刚

仰望星空，你能看见的所有恒星都是银河系的成员。离我们最近的大星系——仙女座星系 (Andromeda) ——远在至少 200 万光年以外，这个距离相当于银河系星盘直径的 20 倍。肉眼无法分辨出仙女座星系中的单颗恒星，它们聚集在一起，看上去只是一个暗弱的光斑。对于银河系而言，那些恒星犹如居住在另外一个独立的宇宙之中。反过来，你也许会很自然地认为，天空中的恒星都是银河系中土生土长的土著居民。

事实真的如此吗？以北天球第二亮星大角 (Arcturus, 牧夫座 α 星) 为例，它的运动方式与银河系中绝大部分恒星都略有不同，化学组成也有细微的差异。只有少数恒星有着与它相同的古怪特征，不过它们都散落在银河系的各个角落。从 20 世纪 60 年代开始，这些非典型恒星（还包括其他不同类型的非典型恒星）的起源，引发了一场激烈的学术争论。是银河系旋臂的引力迫使它们进入了古怪的轨道，还是它们根本就是形成于银河系外的“星际移民”？

近年来，一些尖端调查技术被运用到天文学等诸多科学领域。借助这些技术，天文学家发现，两种起源都是存在的。一些非典型恒星确实诞生于银河系中，后来被推入了特殊的轨道；然而也有数量大得惊人的非典型恒星（包括大角星在内）是货真价实的“星际移民”。确切地说，它们并不是自愿移民银河系的，也许称它们为“星际战俘”更为贴切。天文学家认为，这些恒星形成于较小的星系，这些星系后来被银河系俘获、掠夺和消化。在漫长的演化过程中，银河系已经征服了数百个这样的近邻。它们先前的居民现在也已混杂到了银河系的土著居民之间，仅仅留下一个对故乡的朦胧记忆。找到了这些恒星，天文学家就可以重建银河系的掠夺历史，并且探测它最黑暗的秘密——主宰着银河系命运的神秘暗物质。



■为构筑银河系而“献身”：数百个小星系已经被银河系撕碎，形成了纤细的星流，缓慢地融入银河系。正如这张示意图所显示的，银河系正在撕碎人马座矮星系，将它变成了一条环绕银盘中心一周的星流（金色）。

星际移民

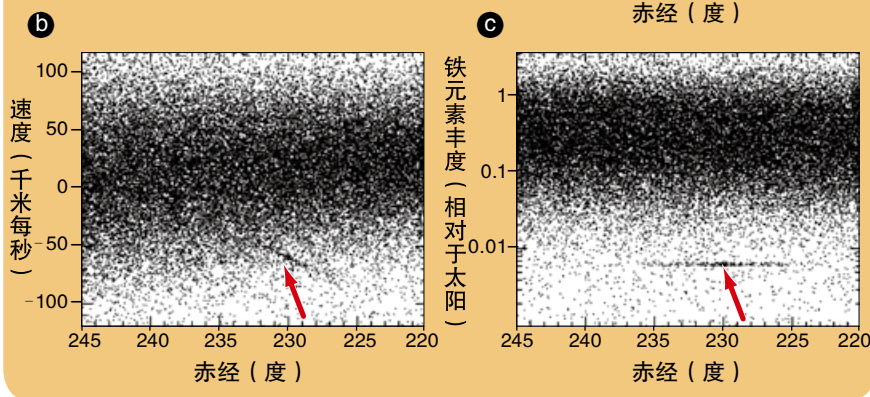
小星系一旦靠近巨星系，就会受到强大的引力潮汐作用，逐渐扭曲、瓦解，并被拉成纤细而壮观的星流。

发现这些星际移民，需要一双锐利的眼睛。从理论上说，这些恒星会排成长长的一串（也就是星流，stream），从而暴露自己的行踪，就像拥挤舞池中的康加舞队一样（康加舞起源于拉丁美洲，舞者会排成一个长队一起舞蹈）。逆流追溯，有些星流会通向球状星团或者银河系的某个卫星星系——那里大概是星流中恒星的发源地，有些星流则通往那些发源地如今仅存的遗迹。但实际上，由于“土著居民”相对均匀地分布在银河系中，星流几乎无法从点点繁星中突显出来，也就很难被人发现。为了克服这一难题，最近许多研究人员都采用了“匹配过滤”技术（matched-filter technique），这是第二次世界大战时期开发出来的技术，当时被用来获得来犯敌机的清晰影像。只要知道了土著恒星和“星际移民”的大致形态，这项技术就能过滤掉前者，让星流显现出来。

本文作者之一伊巴塔及同事在1994年发现的人马座星流，可能是最令人印象深刻的已知星流。这条星流宛如一串巨大的恒星项链，环绕在银河系周围。它的跨度超过100万光年，包含了大约1亿颗恒星，一直连接到人马座矮椭圆星系（Sagittarius dwarf

隐藏在繁星之间

如果只是简单地观察一片天区，星流根本无法被发现，它们会消失在银河系的点点繁星之间，大部分恒星都是银河系的“土著居民”（a）。但是按照速度（b）和化学组成（c）加以区分，星流就会显得更多。这张照片展示了帕洛马5星流周围的一小片天区（赤经和赤纬为天球坐标，类似于地球上的经度和纬度）。



elliptical galaxy, “矮”是指星系规模很小,“椭圆”是指星系形状呈椭球状)。银河系周围与它类似的小星系共有15~20个，它们就像卫星绕着行星一样围绕银河系旋转（因此又被称为卫星星系）。这些卫星星系大小不等，既有质量约为银河系十分之一的大麦哲伦云（Large Magellanic Cloud），也有质量为银河系百分之一的人马座矮星系，甚至还有质量仅有银河系百万分之一的暗弱星系。

居住在银河系附近可不是一件舒服的事情。这些小星系会逐渐变形，并被最终瓦解。人马座矮星系已经垂死挣扎了几十亿年，现已经走向瓦解。它的恒星将散落在整个银河系中，现

在这样的星流也会逐渐消失，未来的天文学家将很难把它们与银河系的土著恒星区分开来。其他几个小星系也正在被银河系肢解，有些现在只剩下一条星流（见第81页的表格）。大麦哲伦云则代表了另一类较为少见的现象——银河系从那里夺走的是气体，而不是恒星。

星系瓦解背后的机制是引力的潮汐作用，这是我们非常熟悉的，同样的机制在地球上产生了海洋的潮起潮落。一个天体的不同部分经受不同的引力作用时，潮汐力就会产生。月球对地球朝向它的一面所施加的引力，比对背向它的一面施加的引力更大。两个力之间的差异尽管很小，不足以扯碎地球，却足以让海洋微微隆起。随着两个天体的相互绕转，海洋的隆起部位也会跟着转动，使地球上某一地点的海平面出现周期性的抬升或降低。与此类似，银河系也会在卫星星系或星团的一侧，施加比另一侧更大的引力作用，使它们扭曲变形。在这

概述 / 星流

◆银河系是由上百块星系积木搭建起来的——这一过程持续至今。无论是一个小星系还是一个星团，一旦它们靠得太近，银河系的引力就会撕碎它们，将其中的恒星拖成一条长长的星流，然后吸收、消化它们。

◆即使是最近形成的星流，也很难从银河系背景中区分出来。此外，当它们分散开来时，它们的整体空间形态也会彻底消失。然而，恒星运动方式和化学组成上的微妙特征，还是会泄露有关它们发源地的信息。通过对银河系恒星的“人口普查”，天文学家正致力于寻找这些星系移民，重建银河系的成长历史。

◆星流还提供了一条新的途径，来测量包围着银河系的暗物质。星流的形状与暗物质的多少以及分布息息相关。

样的作用下，卫星星系或星团中的恒星会逐渐被银河系拖走（见下图所示）。久而久之，卫星星系失去的恒星就会越来越多。这些恒星像面包上掉落的面包屑一般，在卫星星系的前后形成了长长的尾巴。

更微妙的线索

星流会被银河系逐渐吸收，最终化为无形。然而六维相空间中的微妙线索，却能在茫茫星海之中，找到这些“星际移民”的蛛丝马迹。

如此看来，人马座矮星系等卫星星系在银河系的构建过程中做出过贡献。这些发现彻底改变了天文学家原先对星系形成的理论认识：他们曾经认为，所有的星系都直接起源于原始宇宙中几乎察觉不到的物质密度涨落（天文学家观测证实，早期宇宙各

处的物质密度几乎相同，仅有大约万分之三的差异），其后便经历了早期的雪崩式生长，很快演化成现在这副模样。现在，基于对星流的观测，研究人员普遍认为，只有质量不超过10亿倍太阳的矮星系经历了这样的快速形成过程；像银河系这样质量相当于千亿颗太阳的大型星系，则是后来通过吸积和吞并矮星系而逐渐形成的。这种吞并过程一直持续至今，不过强度已大不如前。

银河系吞噬近邻星系的过程被天文学家抓了个正着，他们又提出了更加深入的问题：这些古老的星系“建筑原料”具有什么样的化学组成？现在的大型星系中“星际移民”和“土著居民”的比例是多少？这些小星系带来的化学元素如何改变银河系早期的演化历史？这些星流就像化石一样，记录着星系构建的历史，除此之外，它们还能在探测暗物质方面大显

身手（见下页短文）。

要弄清这些问题，天文学家不仅需要了解哪些恒星正在被银河系掠夺，还要知道哪些恒星是已经被俘虏过来的。研究人员遇到的困难在于，一旦外来的恒星和气体混入银河系，我们就无法通过特有的空间分布来识别它们。天文学家必须找到更微妙的线索，来追溯这些恒星的起源，例如它们的运动模式和化学组成上的一些难以抹去的固有特征。

我们都习惯用位置和速度来刻画物体的运动。但运动还有其他不同的特性，可以用诸如能量和角动量之类的物理量来描述。正如物体的空间位置能够用3个坐标来描述，因此被称为三维空间一样，我们也可以用位置加上动量（一共6个物理量）来描述物体的运动状态，这个抽象的六维空间被称为相空间（phase space）。相空间的优点在于，与真实空间相比，恒

星系瓦解的步骤

计算机模拟显示了银河系的潮汐力扭曲并最终瓦解矮星系的全过程。

▼ 30亿年前

在相对孤立的环境下形成的矮星系第一次从银河系附近经过。

▼ 20亿年前

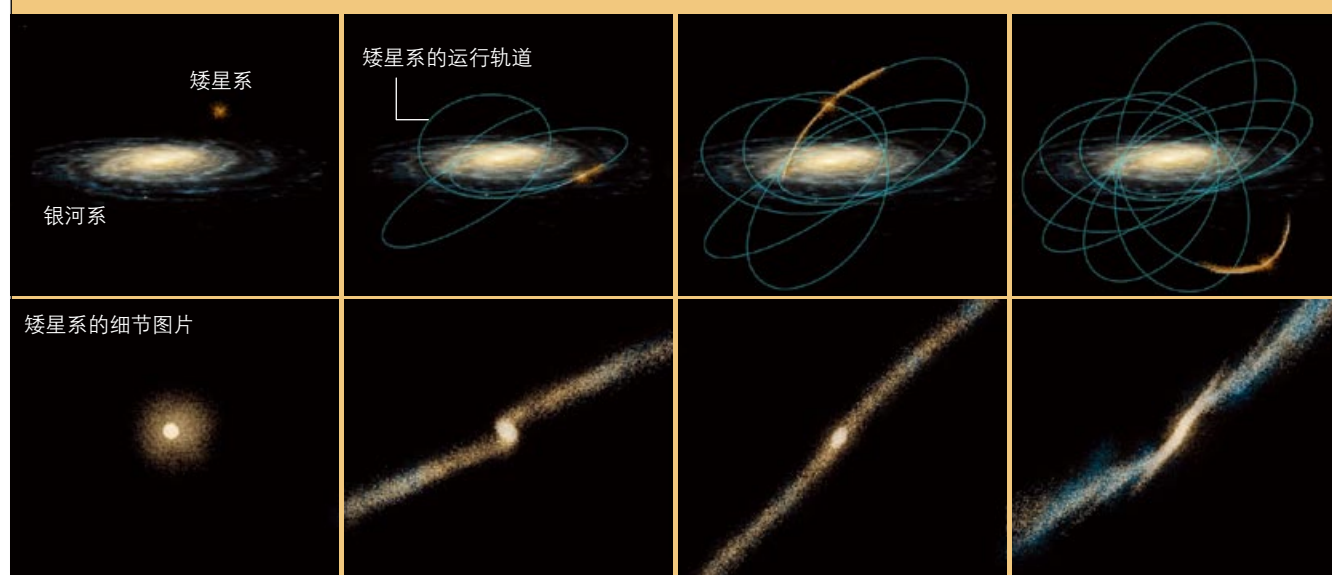
与银河系星盘的4次近距离接触已经拉长了矮星系。逃逸的恒星不是减速落在后面，就是加速跑在前面。

▼ 10亿年前

矮星系已经濒临瓦解。几乎所有的恒星都被扯散，形成了一条长达上万光年的星流。

▼ 现在

矮星系已被瓦解。同时星流也在扩散，并且融入银河系的土著恒星之间。



星在相空间中的排列模式更有还原性（这里是指经历巨大变化之后恢复原状的能力）。尽管星系的吞并消化过程通常会破坏星流的空间结构，却无法抹去它们在相空间的整体结构[这就是统计力学中的一个重要原理——

刘维定理（Liouville's theorem）]。

因此，通过测量能量、角动量和相空间中恒星随机样本的密度，研究人员就能识别出无法直接观测到的星群。它们是很久以前被银河系瓦解的卫星星系的魅影。几个研究小组，例

如荷兰卡普坦天文研究所（Kapteyn Astronomical Institute, 位于格罗宁根市）的阿明娜·希勒米（Amina Helmi）和美国华盛顿大学的克里斯·B·布鲁克（Chris B. Brook）各自领导的小组，已经用这项技术发现了一些被吞并的卫星星系的遗迹。目前已被发现的遗迹都位于太阳系附近，因为现有设备还无法足够精确地测量更遥远恒星的三维运动。

星流：探测暗物质的利器

在重建银河系构筑历史的研究过程中，天文学家自然而然地将焦点放在他们能够看到的天体——恒星身上。然而，恒星只占了星系中很小的一部分，大部分质量以神秘暗物质的形态存在，但它的本质至今不为人们所知。我们对它的些许认识，都来自于它对可见的恒星和气体产生的引力作用。毫无疑问，探测根本看不见的东西是极其困难的。

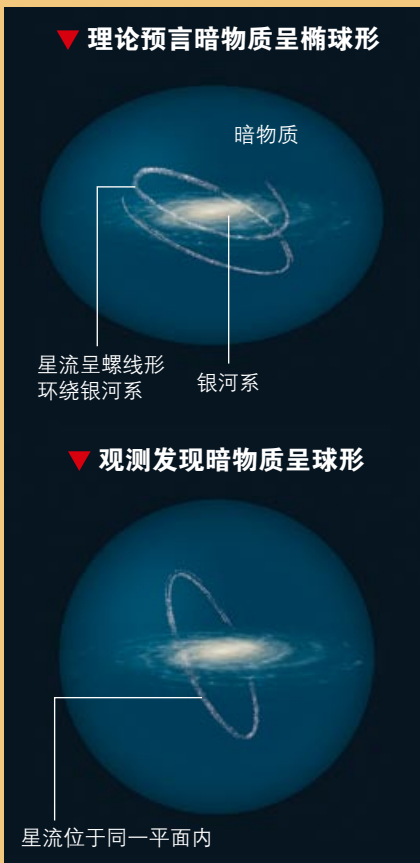
观测天文学家迫切希望能够追踪一颗恒星环绕银河系中心运动的完整轨道。这颗恒星会在引力场的作用下减速或加速，从而反映出银河系中物质的分布情况。不幸的是，一颗恒星完整环绕银河系一周所需的时间长达几亿年，而天文学家的职业生涯显然比这个时间短得多。

星流为天文学家提供了一条攻克时间障碍的捷径。构成星流的恒星都拥有相似的轨道，唯一的区别在于，它们的起点不同。因此，星流拖出的轨迹就是一颗恒星将在几亿年的时间内遵循的运行轨道。我们的研究小组已经测量了人马座星流的形状，并由此得出结论：银河系周围的暗物质呈现出球形分布，而不像一些计算机模拟所预言的那样呈椭球形分布。有趣的是，星流的运动方式符合一些非标准引力理论[例如修正牛顿动力学（modified Newtonian dynamics）]的预言。

这一结果最近得到了英国剑桥大学迈克尔·费尔豪尔（Michael Fellhauer）等人的验证。需要指出的是，人马座星流探测的仅仅是暗物质分布的一小部分。只有测量多个星流，才能真正确定暗物质分布是不是呈球形。

另一个问题是，暗物质的分布是均匀平滑的，还是成团成块的，这一点与暗物质的构成有关。如果构成暗物质的粒子仅受引力作用的影响，那么就没有东西可以阻止它们聚集成团块。如果它们还能受到其他作用力（例如核力）的影响，或许就无法成团，而呈现出均匀平滑的分布。观测星流是少数几种能够寻找暗物质团块的方法之一。通过仔细测量纤细星流中恒星的位置和速度，Gaia 卫星有能力证实或排除直径大于 100 光年的暗物质团的存在。也许有一天，通过这一方法，尺度超过整个银河系的星流，将能揭示比原子更小的微观粒子的特性。

——罗德里戈·伊巴塔
布拉德·吉布森



独特的化学指纹

“星际移民”的化学指纹与银河系土著极为不同，这项技术可以帮助我们追溯它们的共同起源，重建银河系的侵略历史。

另一项令人兴奋的技术被称为“化学指纹”（chemical fingerprinting），

本文作者

罗德里戈·伊巴塔和布拉德·吉布森从 1997 年开始合作，通过观测人马座矮椭圆星系来探测暗物质。伊巴塔是观测天文学家，不擅长理论，而吉布森则是理论学家，不擅长观测。伊巴塔供职于法国国家科学研究中心，主要在斯特拉斯堡天文台工作。他屡屡打破自己的发现纪录。1994 年，他领导的小组发现了人马座矮星系，这是当时已知离银河系最近的卫星星系。2004 年，他和同事们又发现了一个更近的卫星星系——大犬座矮星系。他对科学的热爱可以追溯到物理学家史蒂文·温伯格（Steven Weinberg）的《宇宙最初三分钟》一书：“是它给了我学习数学的巨大动力，而在此之前，数学似乎只是培养耐心的无聊习题。”吉布森是英国中兰开夏大学理论天体物理室的负责人。他是星系形成计算机模拟的先驱，还研究以神秘的反常速度环绕银河系的星云。

本文译者

谢懿，南京大学天文系在读硕士研究生。自 2000 年起，开始翻译《科学》《自然》《天空和望远镜》等杂志上的天文科普文章，现已正式发表译文 50 余篇。他还创办了“火星流”天文网站以及同名网络天文杂志。

本文审校

赵刚，1990 年获南京大学天文系理学博士学位，现任中国科学院国家天文台副台长、首席研究员、博士生导师。他的主要研究领域包括：天体元素丰度及星系化学演化、实验室天体物理学、天体光谱自动化处理软件等。

天文学家才刚刚开始尝试这项技术。绝大多数恒星都不是单独形成的，而是和成千上万颗恒星一起，从同一块星云中诞生的。每一块星云都有特有的化学元素和同位素混合比例，并被从中诞生的恒星继承下来。即使这群恒星分散开来，它们仍然会带着这种特有的化学标记，让天文学家能够追溯它们的发源地。加拿大维多利亚大学（位于大不列颠哥伦比亚省）的金·A·维恩（Kim A. Venn）及同事已经证明，诞生于矮星系的恒星和典型的银河系“土著居民”拥有极为不同的化学组成。

摆在天文学家面前的一道更大的难题是，有没有可能追查出单颗恒星的诞生地点。欧洲南方天文台（European Southern Observatory）的加扬蒂·德席尔瓦（Gayandhi De Silva）及其同事，最近对银河系最著名的星团之一——毕星团（Hyades）进行了细致的化学研究。他们发现，星团中的恒星几乎拥有完全相同的化学元素丰度，这预示着化学指纹确实可以帮助天文学家确定恒星的共同起源。也许有一天，他们会找到太阳的同胞兄弟姐妹——那些与太阳形成于同一星云，现在却各奔东西、散布于银河系各处的恒星。

确认了化学指纹的可行性之后，天文学家已经开始实施这项技术。英澳天文台的“视向速度实验”（RAVE）和美国斯隆望远镜（Sloan telescope）的“斯隆银河系认知与探测扩展项目”（SEGUE）已经测量了超过 10 万颗邻近恒星的速度及化学组成。这些项目是欧洲空间局“全天天体测量干涉仪”（Gaia）和美国航空航天局“太空天文光学干涉仪”（SIM）计划的开路先锋。从 2011 年底到 2020 年，作为有史以来技术上最具雄心的太空望远镜，Gaia 将致力于测绘我们银河系

已知的星流

天文学家已经发现了 9 条星流。如果目前的星系形成理论正确的话，银河系就已经吞并了数百个矮星系或者星团，其中绝大部分都已彻底融入银河系，无法被发现。

星流	可能的发源地	大致质量 (太阳质量为 1)	大致长度 (光年)	化学组成	发现年份
大角星流	已经死亡的矮星系	未知	未知	老年恒星 (金属元素含量较低)	1971
麦哲伦星流	大、小麦哲伦云	2 亿	100 万	氢气	1972
人马座星流	人马座矮星系	1 亿	100 万	多种恒星	1994
希勒米星流	已经死亡的矮星系	1,000 万到 1 亿	环绕银河系星盘数圈	老年恒星	1999
帕洛玛 5 星流	球状星团帕洛玛 5	5,000	3 万	老年恒星	2001
麒麟环	大犬座矮星系	1 亿	20 万	中等年龄恒星	2002
反银心星流	已经死亡的矮星系	未知	3 万	老年恒星	2006
NGC 5466 星流	球状星团 NGC 5466	1 万	6 万	极老年恒星	2006
孤儿星流	大熊座 II 矮星系	10 万	2 万	老年恒星	2006

的三维结构，获取 10 亿颗恒星（约占银河系恒星的 1%）的精确位置和速度资料。这颗卫星还将测量几百万颗恒星的化学组成。几乎与此同时，SIM 也会提供一部分暗弱恒星的位置资料，从而探测最微弱的星流。这两项计划代表了两个极端：一个是灵敏度高而样本较少（SIM），另一个则是大规模采样但精度较低（Gaia）。

十几年前，当我们发现人马座矮

星系的星流时，许多同事认为这仅仅是一个有趣的发现，并没有太大的意义。但是不久之后，它就成了银河系并合与吸积历史的典型例证。现在天文学家已经普遍认为，并合与吸积才是星系形成与演化的主要推动力。被吞并的星系带来了新的恒星、气体和暗物质，同时也触发了大规模的恒星形成。正是这些星际移民使我们的银河系保持着勃勃生机。SA

扩展阅读

The Ghost of Sagittarius and Lumps in the Halo of the Milky Way. Heidi Jo Newberg et al. in *Astrophysical Journal*, Vol. 569, No. 1, pages 245–274; April 1, 2002. Preprint available at arxiv.org/abs/astro-ph/01111095

The New Galaxy: Signatures of Its Formation. Ken Freeman and Joss Bland-Hawthorn in *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 40, pages 487–537; 2002. arxiv.org/abs/astro-ph/0208106

Uncovering Cold Dark Matter Halo Substructure with Tidal Streams. R. A. Ibata, G. F. Lewis, M. J. Irwin and T. Quinn in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 332, No.4 pages 915–920; June 2002. arxiv.org/abs/astro-ph/0110690

Galactic Chemical Evolution. Brad K. Gibson, Yeshe Fenner, Agostino Renda, Daisuke Kawata and Hyun-chul Lee in *Publications of the Astronomical Society of Australia*, Vol. 20, No.4 pages 401–415; 2003. arxiv.org/abs/astro-ph/0312255

Taking Measure of the Andromeda Halo: A Kinematic Analysis of the Giant Stream Surrounding M31. R. Ibata, S. Chapman, A.M.N. Ferguson, M. Irwin, G. Lewis and A. McConnachie in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 351, No. 1, pages 117–124; June 2004. arxiv.org/abs/astro-ph/0403068

汽车出故障了？不用着急，先让家庭医生给它把把脉。

汽车的 家庭医生

撰文 任文驹 (Philip Yam)
翻译 郭凯声

■ 护理汽车：CarMD 公司推出的一种检测装置，通过读取汽车电脑的数据，来诊断令“检查引擎”警示灯闪亮的原因。该公司还可为客户估计修车所需的费用。

当你开着爱车洋洋得意地横冲直撞时，“检查引擎”的警示灯突然亮起，你的第一反应或许是一声惊呼——“哎呀！糟了！”，可能还会“出口成脏”。其实警示灯蓦地亮起，并不意味着引擎会马上爆炸，但你还是得注意一下可能出现的问题。事实上，亮灯可能是提醒你，此车无法通过车辆登记所需的尾气检测。

修车技师们遇到这种情况，通常会用一些工具来检测到底哪里出了问题。刚巧我最近买了辆新车，巴不得马上找一款类似的工具来尝试一下。美国加利福尼亚州方丹谷 (Fountain Valley) 成立仅一年的 CarMD 公司，最近推出了一款售价 90 美元的诊断工具，可以从车载电脑上搜索数据，对故障加以诊断分析。（按规定，1996 年 1 月 1 日以后在美国出售的所有汽车均须安装这类电脑）。在 2007 年 CES 展会上，此产品曾夺得一项创新奖。虽然不能说它的性能胜过修车技师所用的检测工具，但它能简单明白地告诉你，到底哪里出了毛病，需要花多少钱才能修好。比如说，假如该装置告诉你排气总管泄漏，即使你对此一窍不通，

也可以信心十足地嘱咐修车技师检查排气总管。

推动这款简易检测工具问世的主要原因，其实是空气污染——更确切地说，是我们迫切需要治理空气污染。20 世纪 70 年代，美国颁布了严格的尾气治理方针，最终促使美国汽车工程师协会着手制定了一套方法，按统一标准监测发动机及其尾气排放状况。经过不断努力，第二代车载诊断系统 (OBD-II) 终于开发成功。

CarMD 公司技术服务主管基思·安德烈亚森 (Keith Andreasen) 解释说，现今的汽车上装有为数众多的各类传感器。20 世纪 90 年代中期，一辆汽车“可能有 13~15 台传感器”；而今天，“一辆现代化汽车上装有成千上万的传感器”。这些传感器监测尾气状况，并将测量结果传到车载电脑上。举例来说，如果某台传感器发现有烟雾从燃油密封片泄漏出来，它就会通知电脑。电脑将把相关数据存储起来，“检查引擎”指示灯也会随之亮起，提醒驾驶员注意。电脑还会为这个故障生成一个故障诊断代码，比如 P0430。大多数代码都以 P 打头，代表动力系

统 (power train)；其他的打头字母有 B (代表车身)、C (代表底盘) 和 U (代表汽车的通信系统) 等。OBD-II 系统使用的代码有数百种之多，从车载电脑上获取这一信息的读入装置，已经成为汽车检修的必备工具之一，不论是专业的检修技师，还是周末驾车外出突遇汽车抛锚的人，都少不了它。

由于 CarMD 公司瞄准的客户是普通消费者，因此它尽量让诊断过程变得简单。需要把这种手持式检测器与车载电脑连接时，只须把它插入汽车上的数据连接接口即可（这是一个长菱形的 16 针插座，类似于 10 年前电脑上的并行接口）。其实，使用 CarMD 的这个检测器，最麻烦的事情不在于如何操作，而在于如何找到汽车上的那个插座。为了弄清我的宝马 2006 款迷你库柏 S 型车上的插座究竟藏在哪儿，我不得不上网查找相关资料。这个宝贝插座原来藏身于仪表板下转向杆的左侧，非得把脖子扭到几乎要折断的程度才能看到它。好在我的妻子不在乎这些，二话不说蹲了下去，打着手电筒找到了这个插座的塑料盖，上面清楚地刻着“OBD”三个字母。

后来 CarMD 公司在网站上公布了这些插座的位置和照片，多少缓解了这个难题。不过它的说明却存在错误，把我车上那个本来有盖的插座说成没盖了。

把 CarMD 的读入装置插好后，再把汽车点火装置拨到第二挡，这玩意便开始同达尔文（这是我的妻子给我们这辆迷你车取的名字）交流了。待它发出嘟嘟四响之后，我把它从插座中拔出，绿色 LED 指示灯倏地亮起——我的爱车平安无事！要知道，这辆车我们才买了 6 个月，真要出了什么问题，我不郁闷死才怪！用一根 USB 线把读入装置连到我的电脑上（操作系统是 Windows XP，该装备尚不支持 Mac OS X 操作系统），就能把数据上传至 CarMD 网站上我的账户之中。它获取的 VIN 号码（Vehicle Identification Number，车辆识别号码）以及我这辆车的基本资料全部正确无误。

但我想看看当“检查引擎”警示灯亮起时，CarMD 会干些什么。据美国汽车售后市场工业协会统计，大约有 6% 的汽车在行驶时，这个警示灯会亮起。根据这一统计数字，我猜想《科学美国人》杂志社员工的座驾中，至少有一辆在带病行驶（《科学美国人》在纽约大约有 80 位员工）。果然，我找到了几位遇到汽车问题的同事。

《科学美国人》的网站项目主管于宏恩（David Yu）有一辆本田 1999 款阿库拉 CL 车，CarMD 检测器为它生成的故障诊断码是 P0401，意思是“EGR 系统流动不畅”。CarMD 网站上列出了可能的故障原因，包括：EGR 阀源真空供应管开启或变窄、EGR 排气总管堵塞或变窄、EGR 阀总成或电磁阀损坏或失灵等等。网站还提供了最有可能解决问题的办法：更换 ERG 阀并清洗端口。网站的介绍全是修车的专业术语，不但司机看了莫名其妙，连语法专家也一头雾水。要想弄个明白，还得上网搜索一番。不过对大多数人来说，知不知道 EGR 代表“废气再循环系统”并不重要，关键是要弄清楚，

“治愈”爱车的毛病需要你掏出多少银子。该程序考虑了不同地区劳力成本的差异，最后估计于宏恩修车得花 487.70 美元。

《科学美国人》的总经理迈克·弗洛赖克（Mike Florek）的日产 2003 款帕拉丁则遇到了一个更让人摸不着头脑的问题——它的“检查引擎”警示

■ CarMD 读入装置可以插进汽车的数据连线接口中。在宝马 2006 款迷你库柏 S 型车上，该接口藏身于仪表板下方。读入装置的显示屏上可以看到故障代码，彩色的 LED 指示灯则显示发动机是否正常。



灯连闪了好几个月。CarMD 提示说，可能是催化转化器或热氧传感器出了毛病。我们在 2006 年 12 月进行检测时，CarMD 还无法提供解决方案，因为这个问题实在太少见了。不过，技术人员在不停地更新 CarMD 数据库的资料，因此几周之后解决方案的细节和修理费用就可以查到了。办法是更换催化转化器，修理须付 828.96 美元。不过，即使掏钱换掉转化器，还是得请修车高手把汽车彻底检修一番，以便找出导致损坏的源头，否则新换上的转化器还有可能再度损坏。CarMD 宣称这个检测装置可以为司机们“壮胆”，这样，有了底气的司机便再也不怕那些蹩脚修车工的敲诈了。

《科学美国人》的印前品质主管西尔维娅·德桑蒂斯（Silvia De Santis）的经历证明，花在 CarMD 上的投资

是可以收回的。没有人想看到“检查引擎”的警示灯亮起，特别是在赶着去医院生孩子的时候。西尔维娅不幸就遇到了这种事情，好在她丈夫一踩油门直奔医院，才没把孩子生在车上。生下儿子的几天之后，他们便把这辆丰田车送去检修。西尔维娅说：“花了 200 美元之后，检修人员告诉我们可能是油箱盖关闭不当所致。”这正是导致警示灯亮起的最常见原因。我做了一个简单的实验：把我那辆迷你车的油箱盖取下，再用 CarMD 进行检测。果然，在“检查引擎”指示灯亮起后，CarMD 给我出的主意是“检查油箱盖是否松动，必要时更换”。看看，要不是 CarMD，我不是也得花上 200 美元冤枉钱了吗？

1997 年，当时还在给一家汽车检测设备开发商打工的安德烈亚森和耶昂·C·陈（Leon C. Chen）一起讨论，有没有办法开发并推广一种帮助用户解读 OBD-II 信息的技术。制造这种手持式检测器并不难，难的是建立一个方便用户检索的数据库。安德烈亚森说，那时的互联网技术很不成熟，远没有今天这样好用。现在担任 CarMD 公司首席执行官的耶昂，当时的任务是筹集风险资金，不过据公司市场开发主管克里斯廷·布罗科（Kristin Brocco）回忆，那时“公司并没有做好准备，也没有现成的市场”。因此，耶昂和安德烈亚森转而花费数年时间整理出一份与故障诊断代码相应的汽车检修大全——这个数据库才是 CarMD 公司的最大优势。

CarMD 公司现已拥有数千名客户，每人最多可以注册 3 辆汽车。公司还开通了电话热线，万一司机半路抛锚，无法上网查询的话，也可以通过电话向技术人员求助。不过，CarMD 的便携检测器只能根据汽车电脑中的数据进行故障诊断，遇到棘手的问题（比如“检查引擎”警示灯时亮时灭）也同样爱莫能助。因此，找家守信用的修车店依然非常重要。不过有了 CarMD，我们也不会被修车工牵着鼻子走了。❧

让汽车行驶更安全

撰文 马克·菲谢蒂 (Mark Fischetti)
翻译 詹浩

为了防止客车出现打滑、方向失控，乃至翻车的情况，汽车制造商在越来越多的客车上安装了电子稳定控制装置 (electronic stability control)。这项技术由防抱死制动装置 (antilock brakes, ABS) 改进而来，还在不断完善。

如果司机将制动踏板踩压得太死，防抱死液压控制阀就会削减某个车轮上的制动压力，这个车轮便不会刹住。20 世纪 90 年代，防抱死装置迅速普及，为了避免打滑，制造商还添加了牵引控制阀，使高速运转的车轮牢牢附着于地面。

就稳定控制装置而言，工程技术人员安装了更多的液压装置，即使司机并未踩刹车，也能给所有的车轮都施加制动压力 (见主图)。当汽车转弯时，如果传感装置检测到汽车正在向前滑动，或者转弯过急，制动器便会立即刹住某个车轮，纠正行驶路线 (最右面的图)。Robert Bosch 公司是美国密歇根州法明顿希尔斯的一家汽车部件供应商，这家公司的底盘控制策略部主任斯科特·达尔 (Scott Dahl) 说：“电子稳定控制装置的使用的确是一大进步。但我们还得增加一些传感器，以便及时了解司机的意图，并将司机的意图与汽车的实际运行方式进行比较。”大多数装置都要求控制发动机运转的计算机减小发动机扭矩，以免动量变化不定。

这些最新装置可以获得更加广泛的应用。美国密歇根州奥本希尔斯的大陆汽车系统公司的总工程师菲利普·黑德利 (Philip Headley) 说：“基本上，电子稳定控制装置操纵着制动装置。新一代装置与方向盘联系起来，进一步增强了功能。”转向轴上的制动器使车轮转动 (方向盘本身不会动)。尽管所有的装置都能最大限度地阻止车辆横向滑动，从而降低侧翻的概率，但是，如果汽车车头抬起，新一代的装置也能采取相应的制动模式，让升起的车轮回到地面。

美国国家公路交通安全局 (NHTSA) 估计，这种稳定控制装置的使用，将使一辆汽车的制造成本增加 111 美元，不过，如果美国所有的客车都采用这一技术，每年就可挽救多达 10,300 人的生命。在安全装置的重要性方面，稳定控制装置仅次于座位上的安全带，排名还在安全气囊之前。认识到这种装置的潜在价值，NHTSA 想在 2012 示范年时，强制车主安装稳定控制装置。预计在今后几个月内就会出台最终决定。 

电子稳定控制传感器将司机的驾驶意图与汽车实际行驶方向加以比较；制动器则控制刹车和发动机，纠正错误的行驶路线。

发动机控制器减小发动机扭矩，降低前行动量。

车轮转速传感器测定每个车轮的转速。

液压泵将制动液传送给电磁阀，控制每个车轮的制动过程。

稳定控制器接收传感器数据，向制动阀发出指令，要求发动机控制器减少扭矩。

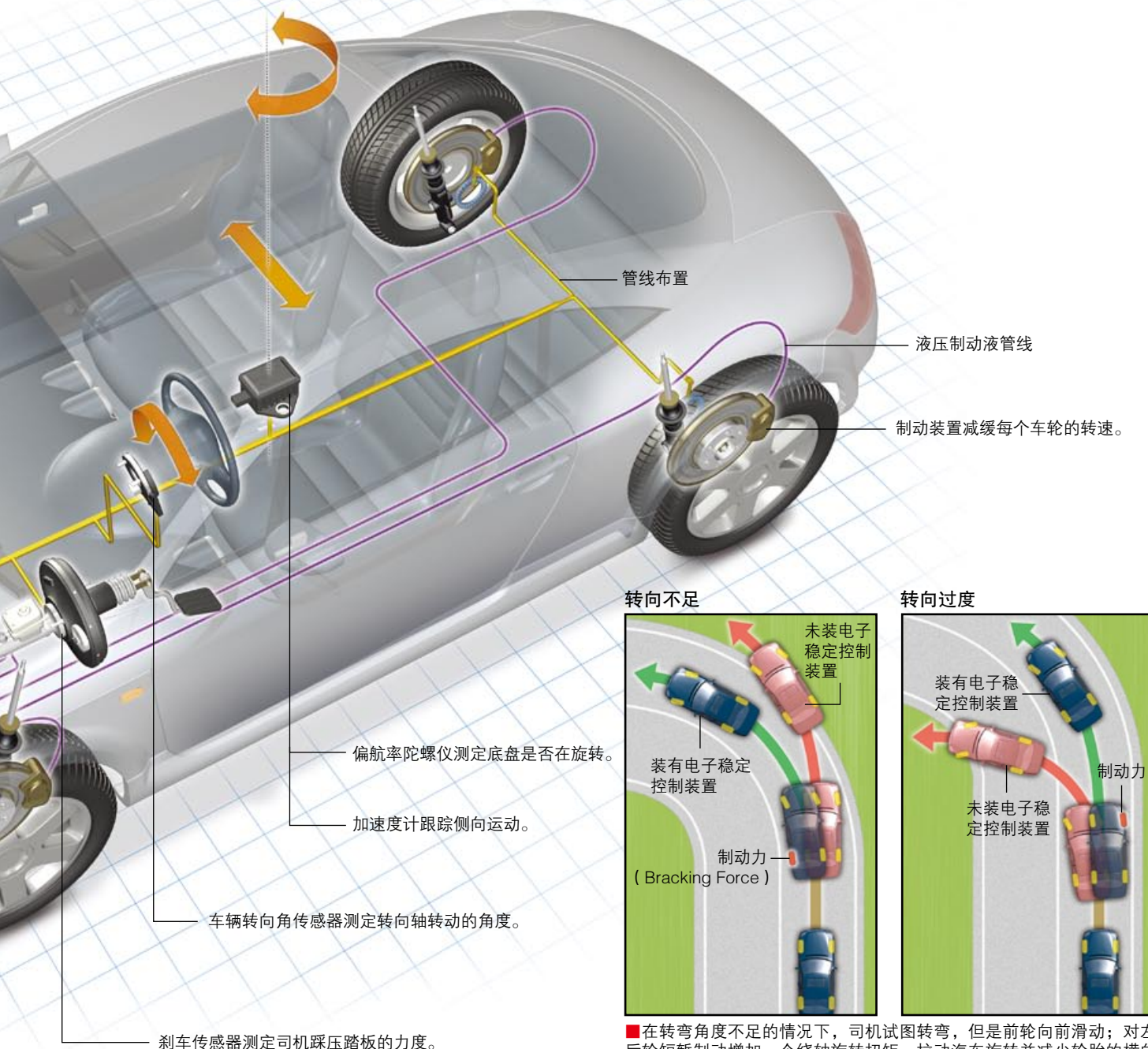
你知道吗？

◆**关闭开关**：为了能转动车轮甩掉积雪，或在停车场原地掉头，大多数汽车制造商都允许司机暂时关闭电子稳定控制装置。特技车手在表演前，也许先得检查他们的防碰撞安全保障装置是否打开。

◆**正在研制中的新装置**：由于稳定性装置能制动每个车轮，因此它们被用于碰撞预防装置中，目前，这类装置已在少数车辆上使用。这种车辆会发出一种雷达波束，确定司机与前方的汽车的距离，如果太近，汽车就会自动启用刹车装置。将来，驾驶控制装置可以协助所谓的车道保持系统，防止司机驾车偏离车道。

◆**四轮驱动**：四轮驱动通过将前、后轴一起刹死来起作用，完全避免了只刹住一个车轮的情况。稳定性控制计算机必须向差动齿轮发出指令，以便在刹车启动之前，让它与车轴啮合，进入解锁状态。在四轮驱动中，有些装置处于关闭状态。

◆**装置名称**：汽车制造商为了标新立异，吸引用户眼球，在电子稳定装置的名字上也花样翻新，包括：动力学稳定性控制装置（宝马）、StabiliTrak（通用汽车）和交互式车辆动力学装置（福特）。



■在转弯角度不足的情况下，司机试图转弯，但是前轮向前滑动；对左后轮短暂制动增加一个绕轴旋转扭矩，拉动汽车旋转并减少轮胎的横向力。在过度转向的情况下，汽车转弯太急，车尾外摆甚至翻车；对右前轮短暂制动增加一个绕轴旋转扭矩，减少轮胎的横向力。

对于针灸的治疗机理，
科学家们仍然只知道皮毛

针灸 真的有用吗

撰文 苏珊·凯默 (Susanne Kemmer)
翻译 周林文

针灸疗法源于中国，至今已经有几千年的历史了。然而，这种治疗方法在国际上成为流行时尚，还是最近几年的事情。

不过，即使针灸疗法开始流行，还是有人怀疑它不过是一个障眼法而已。几年来，研究人员发现，简单地把针扎在皮肤上，似乎确实能减轻一些患者的病痛，并激发一系列惊人的生理活动。但是，这种技术明显带有很强的安慰剂作用，也就是说，它的疗效很有可能是来自心理安慰。如何将针灸的神经生物学效用和心理学效用区分开来，是这个领域的研究人员关注的难点。

中医理论用“气”这个概念来解释针灸疗法。气是一个人生命的能量，

遵循着特定的经络在全身运行，这种运行过程的中断导致了疾病。据说，在 350 多个穴位上，气可以涌上皮肤表层，而针灸师就利用了这些穴位，来影响能量的流动，恢复机体的平衡，并治愈疾病。

想要准确、科学地定义针灸，还需要解决一个问题：许多学习了这种治疗方法的国家，都有着各自截然不同的“针灸”方式。法国版、日本版和韩国版的针灸对每种疾病采用的穴位都不尽相同，用来刺激穴位的工具也五花八门，包括热刺激、压力刺激，甚至激光。不过，最著名的，同时也是被研究得最多的，还是用银针刺入皮肤，然后加以电刺激或手动刺激的传统方式。另一个问题则是，至今为止，还没一个人能找到解剖学或物理学上的生物结构，来对应“气”和它运行的经络。

尽管无法证明“气”的存在，还是有不少证据显示，针灸的确能影响生物机能。其中，镇痛作用是被研究得最透彻的。最早的突破来自中国北京大学神经科学研究中心的韩济生。20 世纪 70 年代和 80 年代，他的研究团队发现，身体在被针刺激之后，会释放出天然的内源性镇痛剂——内啡肽 (endorphins)。他给一组大鼠进行了电针灸，然后，把这些大鼠的血液注射到另外一些从来没有接受过针灸的对照组大鼠体内。结果，两组大鼠对疼痛都不再像以前那么敏感了。很明显，这是因为内源性镇痛剂也随着血液一起被注射进了对照组老鼠的体内。

针刺 vs 疼痛

多年来，经过大量的实验，人们已经知道，针灸可以在很多情况下控

本文作者

苏珊·凯默是一名专门从事科学写作的自由撰稿人，现居住于德国海德堡。

制疼痛。通过在扎针部位上刺激神经末梢，可以促发大量能影响疼痛感的物质的分泌。脑啡肽（enkephalin）和强啡肽（dynorphin）是人体内产生的两种天然鸦片剂，它们能抑制脊髓神经细胞的电活动。医生就是这样解释针灸的直接镇痛作用——直接止痛效应（immediate analgesic effect）的。只要针还扎在皮肤上，针刺带来的刺激就会把人的注意力从疼痛部位引开。

另一些专家，像德国杜伊斯堡－艾森大学内科和中西医结合科的医师马库斯·贝克尔（Marcus Baecker）相信，还有另外一种原理，帮助患者在接受针灸治疗之后，长时间地减轻疼痛。脊髓中一个叫做后角（posterior horn）的部位，在它的上面有抑制性突触，可以持续减弱神经纤维的传导性。神经纤维向大脑传递信号的能力减弱了，疼痛感便无法到达大脑，人也不会感觉到痛了。

但是研究表明，针灸的影响深入大脑。中国中医研究院和美国哈佛医学院的科学家分别在2000年和2002年发表了他们用功能磁共振成像技术（fMRI）进行的研究。这种技术可以检测人的神经活动，根据检测结果，研究人员便能够判断，扎在手上的针是否可以改变大脑的功能。他们发现，海马体、下丘脑及其他边缘系统组成部分的活动都减弱了，而这些正是已知与疼痛感有关的部位。当研究人员刺激特定穴位时，还记录到大脑躯体感觉皮层的活动发生了改变，而这部分皮层参与了痛觉信息的处理。

针灸引发的激素、神经递质（如血清素）和内啡肽的分泌，可以解释这种疗法的一些其他效果，包括血流和免疫细胞功能的改变。针灸能够激发多种因子的释放，并引起大脑功能的改变，这使人们有理由相信，它可以影响人体的多个不同系统。一些临

床证据也支持这个观点。

1997年，美国国立健康研究所发布的报告宣称，有“明确的证据”表明，针灸对一系列疾病具有疗效，包括治疗手术和化疗后的恶心、妊娠期的清晨呕吐现象等。这份报告还指出，有“合理的证据”说明，针灸能够减轻手术带来的疼痛和妇女的痛经现象。而且，针刺引起的不适要比常规疗法带来的副作用少得多。

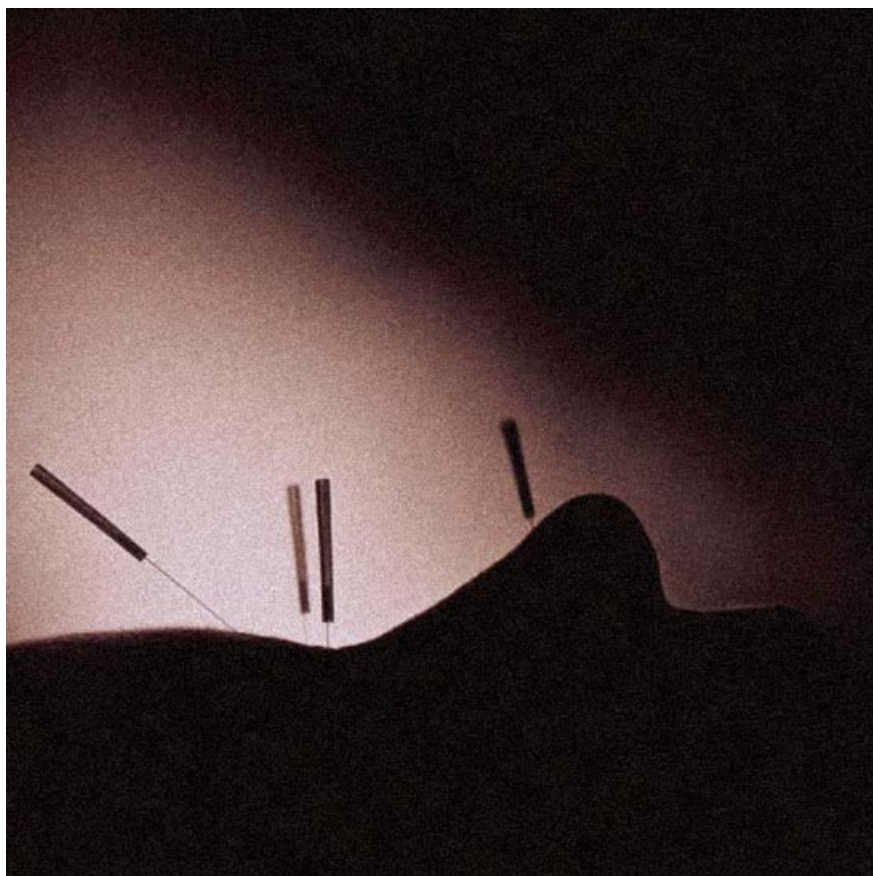
也许这些生物学上的证据会让人觉得关于针灸有效性的问题已经得到了彻底解决。然而，尽管一些病人在接受针灸治疗之后，的确有了好转，却不能肯定这就是针灸本身的作用。

德国慕尼黑大学的多米尼克·伊尼希（Dominik Irnich）说，针灸的部分秘密在于它造成的心理作用，“针灸的疗效不过是因为患者在这里得到了更多的关注。病人和医生之间不用

再隔着桌子交流，医生会用手去触摸并仔细观察患者的情况。除此之外，他们还会不断地谈论病情和症状。通常情况下，仅凭这些就足以对治疗过程产生积极的影响。”

安慰剂？

要确定针灸的疗效在多大程度上来自于心理安慰，是一件非常困难的事情。不过，就像2004年德国弗里德里希－席勒·耶拿大学的温弗里德·迈斯纳（Winfried Meissner）领导的研究团队通过实验证明的那样，即使患者没有意识到自己正在接受治疗，一些生物效应仍然会发挥作用。研究人员对16名受试者进行麻醉之后，用电刺激他们的右食指，这对清醒的人来说会很痛。进行电刺激的同时，研究人员在他们大腿上进行针灸。在这个过程中，研究人员通过测量激



■ 针灸引起的不适要比常规疗法带来的副作用少。



■通过将银针扎在人体的不同穴位上，可以刺激神经末梢来减轻患者的疼痛感。

发电位产生的脑波，记录下受试者的反应。这些脑波是脑电图（EEG）中的特征曲线，只有在对刺激起反应的时候才会产生，而且与疼痛相关。尽管受试者没有意识到自己正在接受针灸，他们的警觉电位还是因为针灸的原因而减弱了。

不过，要真正检验一项疗法的效果是否优于安慰剂，必须通过安慰剂对照试验来进行比较。如果是药物学试验，研究人员只需要根据被测药物的外观，仿造一片足以乱真的糖片就可以了。然而，想要让受试者相信一根金属针已经扎进了他或她的皮肤，而事实上并没有扎进去，却不是一件容易的事情。

“假”针头

挑战并没有让科学家们止步。1998年，德国海德堡大学临床麻醉学系的康拉德·斯特赖特贝格尔（Konrad Streitberger）和他的同事们公布了他们设计的一种新针头，这种针头恰好能接触到皮肤，但看上去却

像是已经扎进去了。所以，尽管受试者能感觉到针刺，却并不知道针头其实只触及了皮肤的最表层。这个研究团队发现，相比那些只接受“假针灸”的受试者，接受真正针灸的受试者对疗效的评价明显更高。

然而，其他实验却得出了不一样的结论。2005年，伊尼希和他的同事们对270名紧张型头痛患者进行了研究。这些患者中的一些人接受了真正的针灸治疗，另一些人只是被针浅浅地扎在没有穴位的地方，还有一些人根本没有接受任何治疗。他们发现，相比那些没有接受任何治疗的患者，前两组接受针灸的人头痛现象明显减轻了。但是，在这两组病人之间，头痛减轻的程度并没有差别。不过，也有一些实验发现，假针灸的效果介于针灸和不治疗之间。

究竟该如何准确地解释这些安慰

剂对照实验的结果，现在还存有争议。一种可能的解释是，对于某些疾病，针灸可以通过针刺引发的精确生物机理来起作用，但是，对于另外一些疾病，它并没有什么特殊的效果，只是通过心理安慰的作用来达到疗效。还有一种可能的解释是，针刺的深度不同也会产生不同的效果：在皮肤表面施压、轻微地扎进皮肤和完全刺入，会有不同的效果。一些疗效倚赖准确的针刺，而另一些则不用。如果真是这样，研究人员就几乎不可能设计出有效的针灸安慰剂对照实验了。

作为某些疾病的主要治疗手段和另一些疾病的辅助治疗手段，针灸的应用前景让许多专家相信，进行更大规模的实验来理清这些头绪是值得的。这些研究也给科学家们提供了难得的机会，去改进一个已经有几千年历史的古老疗法。SI

扩展阅读

Acupuncture Modulates the Limbic System and Subcortical Gray Structures of the Human Brain: Evidence from fMRI Studies in Normal Subjects. K. K. Hui et al. in *Human Brain Mapping*, Vol. 9, No. 1, pages 13–25; 2000.



选择自由

思想力量——选择的神经学诊断

撰文 迈克尔·舍默 (Michael Shermer)

翻译 徐蔚

你有没有过这样的经历？在可变间隔强化程序 (variable-interval schedules of reinforcement) 中紧盯着一只白鼠，通过按动标志不同的两个按钮，在浓度分别为 8% 和 32% 的蔗糖溶液之间进行选择？没有？那你实在是太幸运了。为了那篇名为《老鼠的选择——刺激强化程度与质量的函数关系》(Choice in Rats as a Function of Reinforcer Intensity and Quality) 的硕士论文，我浪费了整整两年的宝贵时光在斯金纳箱 (Skinner boxes) 中做这种老鼠选择试验。那时我简直快疯掉了。

从那时开始，行为主义的神秘黑匣就向神经学家敞开了。美国贝勒医学院 (Baylor College of Medicine) 的里德·蒙塔古 (Read Montague) 最近出版的《为什么选择这本书》(Why Choose This Book) 就是这方面的最新论著。在书中，蒙塔古指出，人类大脑已经衍生出一套计算程式，能够以价值和效率为标准对选择进行评估，“那些能准确估算选择成本和长期效益的人比其他人的效率更高”。

生活，也像经济一样，充满了多用途多种类的有限资源分配 [美国经济学家托马斯·索维尔 (Thomas Sowell) 语]，能量效率则是分配的最终依据。正如蒙塔古所说：“依据‘猎物是猎食者的能量电池’这一原则，猎食者在进化过程中衍生出一套行之有效的捕捉、处理、存储和能量再利用的计算程式。”由于这套高效率的神经选择计算处理程序会随着遗传基因代代相传，大脑为此消耗的能量只相当于灯泡能耗的 1/5。

遗憾的是，这些高级计算程式的运行会受到诸多阻碍。譬如说，成瘾性药物会导致大脑多巴胺系统 (dopamine system) 的错误传导。多巴胺系统负责奖励那些对生物体最为有益的选择，比如获取食物、建立家庭和结交朋友等。

人类大脑已经衍生出一套能够依据价值和效率对选择进行评估的计算程式。

而受到药物误导的多巴胺系统则会转为奖励其他次要的选择。人的思想有时也会产生类似药物的作用，即接管奖励信号，并将它传导入多巴胺神经元。这其中也不乏极端和错误的想法。例如，“天堂之门” (the Heaven's Gate) 的邪教信徒相信自杀后便可以登上在海尔波普彗星 (Comet Hale-Bopp) 附近等候的外星飞船。而很多自杀性爆炸事件的始作俑者正是宗教或政治方面的极端思想。

在《善与恶的科学》(The Science of Good and Evil) 一书中，我曾提出，当人类进化到一定程度，道德情感可以控制其他情感和情绪，譬如饥饿和性欲。把这些情感或情绪看作高效计算程式的代码，可以进一步加深对计算处理进程的了解。需要能量时，我们首先会感觉饥饿，而不是计算食物的相对热量价值，随着食物的摄入，满足感也会逐步增长。与此相似，在选择性伴侣时，大脑中的计算程式会让人更容易受到优秀基因的吸引，这样的优秀基因代码包括端正的面孔、健美的身体、清新的肤色，以及腰臀比例为 0.7:1 的女人或是比例为 1:0.7 的男人。同样道理，在面对利己或无私的道德抉择时，人们会为自己的善恶选择而产生相应的自豪感或犯罪感。然而，以对个人和社会群体的最大利益为标准，早在旧石器时代，人类祖先就已经将道德程式的计算结果设为固定值。倒是饥饿、欲望和得意等类似情绪更像计算程式的直接代码。

那么，人们应当如何正确利用上述抉择理论呢？蒙塔古通过功能磁共振

成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 证明，某些品牌可以通过预测奖励线路 (reward prediction circuitry) 改变大脑多巴胺的运输区域”，譬如可乐。在前额叶腹内侧皮层 (ventromedial prefrontal cortex) ——大脑中的一个重要决策区域中，可乐代表的不单是一个品牌，更是某种特殊的“味道”。就像可乐成为味道的代码、饥饿成为热量需求的代码、性欲成为繁殖需求的代码一样，快乐感和犯罪感也成了道德和不道德行为的代码。依此类推，如果能够将道德作为一种品牌推向市场，人类的大脑就会将评估和选定正确想法，为自己设置线路程式。

为了纪念《自由选择》(Free to Choose) 这本激进论著的作者——已故美国著名经济学家米尔顿·弗里德曼 (Milton Friedman)，我建议首先将自由原则作为品牌推向市场：在不妨碍他人同等自由的情况下，所有人都有思考、采信和按照抉择行动的自由。SA

► 环球科学小词典

斯金纳箱 (Skinner boxes): 1938 年，美国行为主义心理学家斯金纳设计制作的实验装置。箱子的构造尽可能地排除了一切外部刺激，白鼠可以在箱内自由探索。箱内有一根突出的杠杆。杠杆的上方有电灯，下方有一食盘。箱外有一电动鼓转动计时并纪录杠杆被压动的次数。当箱内的动物压动 (如啄、碰等) 杠杆时，就会得到一粒食丸的强化。以此来研究动物操作性条件反射的学习能力。

天堂之门 (the Heaven's Gate): 美国新兴教派中相信 UFO 存在的一个分支教派。这类教派的共同特点是都相信飞碟、外星人的存在。其中许多人认为，人的灵魂原本也是从外星球来的，只是为了追求物欲，才进入了躯体。天堂之门的教徒相信海尔波普彗星是他们的“指向标”——从外星球派出的太空船将人们带往“他们的世界”的时间的标志物。彗星后面紧跟着的飞碟就是来接他们回去的。1996 年 10 月，在美国加利福尼亚州圣迭戈郊区的一套豪华别墅里，39 名天堂之门的教徒集体服毒自杀。



东拼西凑

撰文 史蒂夫·米尔斯基 (Steve Mirsky)
翻译 姬十三

人们热爱东拼西凑。他们常把一些好东西配在一起，混合成新的、看起来更好的东西。比如碘盐、维生素D牛奶和氟化水等。如今，这个“拼凑”家族又添了一位新成员：含有咖啡因的甜甜圈。

现在市面上销售的“嗡嗡”牌咖啡因甜甜圈，是一位名叫罗伯特·博安农 (Robert Bohannon) 的人灵机一动的产物，一篇相关的新闻报道称他为一位“分子科学家”。(还有别的什么头衔吗?) 顺便提一下，我过去一直以为，咖啡因甜甜圈是我发明的，因为在很久以前，我就聪明地把甜甜圈浸到了热咖啡里。不过事实显然并非如此。[我还受到过“非此即彼”思想的误导，曾经设想只要不亲自动手清洗烤箱，它就会变成一台自动清洁的烤箱(反正会有别人去清洗)。不过这种丑事就不用再提了。]

话说回来，博安农最初的设想，是把剂量足以令人振作的咖啡因加入到烘烤食品之中，结果却让他尝到了苦头。他曾表示：“那种味道非常糟糕，令人作呕。”不过后来，博安农意外发现，在制作过程中添加一些刺激性生物碱，就能盖掉那股味道。(如此看来，咖啡因百吉饼大概也快要“研发”出来了。)

咖啡因甜甜圈的问世，让人不由自主地想问：还有什么东西可以通过恰当地加入有益元素而得以改善呢？以下是一些可供其他“分子科学家”参考的点子。



把好东西拼凑在一起，真的能发明出更好的东西吗？

硝石牡蛎。尽情享受牡蛎的美味和潜在的霍乱感染吧！不必担心它会带来传说中令人讨厌的催情效果。(如果想获得相反的效果，不妨试试加了伟哥的碱鱼。)^①

芥末热狗。有没有试过现场观看棒球比赛时，一边拿着热狗和饮料努力保持着平衡，一边还要与两旁的人挤来挤去，力求获得一个宝贵的支撑点呢？在如此艰难的情况下，要是谁还能将芥末从小袋里挤到热狗上，简直就可以去挑战迦梨女神^②了。如果能在法兰克福香肠中事先注入一条细细的芥末，那将是莫大的喜讯。要是用从运动员那里缴获的注射器来制作的话，会很节约成本。

脱毛除臭剂。如果早上要穿一件无袖运动装去健身的话，将强效脱毛剂巯基乙酸钙和除臭剂或止汗剂混在一起，会节省很多时间。最好能够提供大、中、小多款包装，还有适合罗

宾·威廉斯^③的多毛型经济超大袋装。

硝化甘油牛排乳酪三明治。

喜欢南费城帕兹或吉诺斯餐厅神奇的牛排乳酪三明治^④，又担心会死于胸部痉挛吗^⑤？添加硝化甘油的牛排乳酪三明治可以消除这种忧虑。(在对这个项目进行研究时，我发现可以用来舒张血管的硝化甘油，已经被应用到一款即将上市的避孕套中，这也给“爆炸性高潮”一词赋予了一层不幸的新意义。)

甜甜圈咖啡。甜甜圈会让衬衫沾上糖粉，还有让人窒息的危险(可能性不大，但足以致命)。

但是谁不想在早上一边喝着咖啡，一边吃点甜食呢？何不将美国人传统的快餐式早点以液体形式加入到咖啡之中！甜甜圈咖啡将给开车上班的人带来诸多方便：他们只须一只手端着咖啡，另一只手就能开车、喷除臭剂，或者给其他因为吞入干干的甜甜圈而阻塞呼吸的人实施哈姆立克急救法^⑥。SN

译注：

①美国民间一度盛行，在饮食中加入硝石可以抑制男性性欲；而生吃牡蛎则有助于提高性欲。碱鱼(lutefisk)是挪威的纳维亚地区的一道传统名菜。

②迦梨女神(Kali)：印度教女神，长有四臂，具有强大的能力和无与伦比的战斗力。

③罗宾·威廉斯(Robin Williams)：美国著名喜剧演员，据说身上汗毛较重。

④帕兹(Pat's)和吉诺斯(Geno's)是美国南费城两家以牛排乳酪三明治而闻名的快餐店。

⑤牛排不熟，或者奶酪摄入过量，有引发胸部痉挛的可能。

⑥哈姆立克急救法(Heimlich maneuver)：对呼吸道被异物堵塞的人实施的急救方法。先拍打背部以使异物咳出；如不能咳出，则实行腹部挤压，使异物像瓶子的软木塞一样被推出。

什么是脂肪肝， 如何防治

解答专家：季光，上海中医药大学医学教授



脂肪肝并不是说肝脏变成了脂肪，而是指肝脏里的脂肪含量升高，超过了正常比例（健康人的脂肪约占肝脏重量的15%，脂肪肝患者肝脏里的脂肪则占肝脏总重的30%以上）。这是一种以肝细胞脂肪变性和脂肪积累为特征的临床病理综合征。根据肝细胞内的脂肪含量，可将脂肪肝分为轻、中、重3种类型；根据有无过量酒精摄入，又可将脂肪肝分为非酒精性脂肪性肝病和酒精性肝病。在我国非酒精性脂肪性肝病更为常见。

引起脂肪肝的原因很多，营养过剩、营养不良、药物中毒、大量饮酒、糖尿病、慢性肝炎均可引发脂肪肝。据临床统计数字显示，脂肪肝患者并发肝硬化、肝癌的概率是正常人的150倍。同时，由于脂肪肝患者机体免疫力相对较低，感染甲、乙型肝炎的几率也明显高于正常人。肥胖、Ⅱ型糖尿病、饮酒和高脂血症是导致脂肪肝的主要危险因素，因此合理饮食、控制体重和饮酒、加强体育锻炼，是预防和治疗脂肪肝的关键。

脂肪肝的形成是一个慢性过程，如能及早发现、及时控制和治疗，是完全可能逆转和纠正的。因此，要定期体

检，争取尽早发现体内可能存在的病变，有肥胖、糖尿病、高脂血症等危险因素的人群，尤其要多加注意。

最新资料显示，在我国中青年男

性中，有1/4患有脂肪肝。随着工作压力加大，社会竞争日趋激烈，上班族作息时间紊乱，而且经常外出应酬、饮酒，更是增加了患脂肪肝的几率。对于越来越多的与肥胖相关的脂肪肝患者而言，需要的是适当锻炼而非休息，多吃粗粮蔬菜少吃高脂肪、高热量的精细食品和保健品。只有有效控制体重和腰围，严格禁酒，才有可能减轻肝脏脂肪的堆积，从而促进脂肪肝及其相关疾病的康复。 **SN**

剪掉的头发 为什么还能再长出来

解答专家：乔治·科特萨雷利斯（George Cotsarelis）

美国宾夕法尼亚大学皮肤病学以及头发与头皮障碍专家

剪掉皮肤表面的毛发并不影响它们的生长，因为这些毛发都是没有生命的。

身体表面长着很多毛发，它们都是从皮肤内部的毛囊里生长出来的。所有毛囊都会经历毛囊循环，这一循环分为3个阶段：生长、退化、休止，也就是毛发生长的生长期（anagen）、退化期（catagen）、休止期（telogen）。在毛发生长期，毛囊底部（毛球）上的细胞迅速增殖，毛发纤维不断生长，努力伸出皮肤表面（在毛发生长初期的不同时期，毛囊会制造不同长度的毛发）。在毛发生长期结束时，制造毛发的细胞逐渐死去，毛发生长退化期阶段接踵而至。在此后几个星期，毛囊不断退化、萎缩，最终进入毛发生长休止期。这一阶段将长达数周乃至数月之久。然后，干细胞将会分化成一个新的毛囊，替换掉以前的毛囊，长在老毛囊上的毛发纤维（这种现象常常发生在梳理头发的时候）也随之脱落，毛发生长初期重新开始，新的毛发又长出皮肤表面。当你剪头发时，有些头发刚好处于毛发生长初期阶段，于是，这些头发就像“知道”自己被剪掉，然后主动长出来一样。 **SN**



自动化恐惧症·机动灵车·清洁水草

1957年5月

机器劳工——“‘自动化’是媒体新创的一个名词，然而按照工业技术领域的权威专家霍尔兹伯里伯爵（the Earl of Halsbury）的说法，由于媒体的误导，这个词成为了‘恐慌的根源’。人们普遍认为，所谓工业自动化进程‘会导致大范围的失业’。在《冲击》杂志上，他试图改变人们的这种看法——机械的操作和维护都需要训练有素的专业人员。因自动化受到影响的，主要是没有任何技能的工人，但这部分人本来就经常更换工作。其实，霍尔兹伯里爵士最担心的是自动化影响不到的阶层，比如煤矿工人、搬运工和其他一些从事繁重体力劳动的人，他不知道该如何减轻他们的负担。”

1907年5月

恶化——“鱼雷艇的外部结构看起来弱不禁风，当舰艇内部压力增加时，蒸汽涡轮的回转运动会不会受到影响呢？近来，《科学美国人》对这一问题进行了讨论。一位英国海军舰艇设计师证实，如果一艘英国鱼雷艇在乘风破浪时尾部受损，涡轮旋转部件的旋转平面发生改变，那么涡轮就会产生高达数吨的抵抗力。然而在设计鱼雷艇时，这些压力并没有被考虑在内，一旦压力超过船体承受限度，船体就会扭曲、变形。”

机动灵车——“日前，一款散发着悲伤气息的新型汽车在巴黎大街上正式亮相。整个国家都在为汽车葬礼的推出而欢呼时，几乎没有人否定这种最新的汽车用途。在一个充满汽车喧嚣的时代，我们有什么理由反对，人们乘着这种隆重肃穆的机动灵车走向坟墓呢？”

恐龙——“纽约自然历史博物馆

古脊椎动物部的负责人，来自得克萨斯州帕米亚的亨利·F·奥斯本（Henry F. Osborn）教授近期为科学做出了卓越的贡献：他向公众提供了一睹食肉类爬行动物异齿龙化石骨架的机会，这是世界上第一具也是惟一具拼装完整的恐龙化石。在画作中，查尔斯·莱特先生（Charles R. Knight）对恐龙栩栩如生地描绘，吸引了很多读者的目光。”

1857年5月

污秽的燃料——“我们认为，除了用作治疗淤伤和风湿病的药膏外，来自美国加利福尼亚州‘黑油泉’的液体石油没有任何特殊用途。尽管可以通过燃烧产生光和热，但没有人获得了那种刺鼻的气味。不过，我们也相信，在这个化学技术日新月异的时

代，没有什么事情是不可能的。如果通过酸蒸馏法能够去掉难闻的气味，液体燃料的制造就会发展为一项价值不菲、利润丰厚的业务。”

越绿越干净——“‘印度的储水池中都覆盖着一层绿色水草，’《印度医学年鉴》指出，‘水草在将绿色‘注入’水中的同时，也起到了强大的过滤作用，使水质变得洁净卫生，在绿色水草生长的地方，还会出现小鱼和纤毛虫，它们也有保持水质的功能。’查尔斯·内皮尔爵士（Sir Charles Napier）在视察旁遮普（Panjab）山区时，发现人们从长满水草的水池中取水，于是他立刻下令清理池中的水草。此后，池水很快变质，无法使用，直到在水池种植了同样的水草，将水面重新覆盖后，情况才有所改观。”

（译 / 徐蔚）

SCIENTIFIC AMERICAN



这具恐龙骨架模型实际上是棘龙和异齿龙的错误组合（1907年）



春天似乎还未离去,夏天就匆匆赶来。在五一国际劳动节到来之际,小编祝全国读者假期愉快。

最近一段时间,每天都有不少读者拨打读者热线询问2006年合订本的订购事宜,小编在这里告诉大家,由于合订本数量有限,全国各大书店的合订本基本售罄,杂志社库房也仅有少量存货,希望想要购买合订本的读者抓紧时间订购。

读者热线: 023-63658888-16048

E-mail: advice@sciam.cn

读者论坛: <http://www.sciam.cn/bbs>

来信请寄: 重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204环球科学杂志社

邮编: 400013

■上个月在西单图书大厦,我看到了《环球科学2006年合订本》,非常喜欢,并开始阅读《环球科学》。我觉得杂志上的内容很新,既专业又通俗,是关于前沿科学方面最好的杂志。

我的主修专业是环境,副修专业是工商管理,虽然涉及物理、化学和生物等各个方面,但是更希望能看到更多的环境和经济方面的前沿知识。在这里,我想提一点建议:在《环球科学》中,应该增加一些评论性文章,因为翻译是在告诉大家一些东西,评论更能够引发思考。

——北京师范大学 韩兆兴

回复: 非常感谢你对于《环球科学》的关注。《科学美国人》最大的特色就是权威、前沿、通俗,作为《科学美国人》的中文版,《环球科学》继承了这些特色。在任何科技领域,一旦发生了重大科学事件,《环球科学》都会加以报道,相信你会经常看到自己喜欢的内容。至于增

加评论性文章,这是一个非常好的建议。目前,杂志社正在努力增加自主采编的内容,其中就包括你提到的评论性文章。

■我是从2006年第12期开始购买《环球科学》的。以前,我一直想找一本内容丰富、科学性强、真实可靠的科普刊物,但很多杂志的内容太“单薄”,不经读。后来,一个报刊亭的老板向我推荐了《环球科学》,才算真正找到了“知音”。

我很喜欢生物学,在《环球科学》上,很多生物医学方面的进展都让我感到很高兴,但是在我国,生命科学似乎没有像欧美国家那样被高度重视,为此我感到很遗憾。为什么在国外很热门的专业,在国内却没发展起来呢?

——西安 刘梦茜

回复: 其实,中国的生物科技发展也非常快,一些实验室的科研水平已经接近世界一流水平。近年来,在世界最著名的几本学术杂志上,中国科学家的名字越来越常见。《环球科学》将加大在这些方面的报道力度,让世界更了解中国科学和中国科学家。

感谢两位读者热情的来信,杂志社将特别赠送他们最新出版的杂志一本。

请继续订阅2007年《环球科学》

2007年下半年的杂志征订工作即将开始,小编提醒大家,《环球科学》可以破季订阅,你随时可以到当地邮局订阅。如需要订阅过刊和购买《环球科学2006年合订本》的读者,可以直接向杂志社邮购。

1.到各地邮局订阅:

邮局订刊代号: 80-498, 全年订阅价144元, 半年订阅价72元, 季度订阅价36元。

友情提示:《环球科学》可以破季订阅。

2.向《环球科学》杂志社订阅:

邮局汇款(汇款时请注明您的姓名、通信地址、邮编、电话和订阅起止时间)

汇款地址: 重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204

收款单位: 环球科学杂志社

邮编: 400013

友情提示: 请妥善保管订阅收据, 以便日后查询。

3.网上订阅: www.itbook.com.cn

友情提示: 网上订阅均采用在线支付方式, 支持多种银行卡网上支付。

对直接从杂志社和itbook网站上订购一年以上(含一年)杂志的订户, 我们推出如下优惠:

选用挂号方式(推荐): 全年优惠价150元(原价180元)

选用平邮方式: 全年优惠价120元(原价144元)

《环球科学2006年合订本》: 135元/套(原价150元), 单册购买: 68元(原价75元)

有错必改

勘误与致歉:

- 2007年第4期第5页右边栏第4行“Mysapce”应为“Myspace”;
- 2007年第4期第8页左边栏第二个小标题“希格斯粒子确认过程”应为“顶夸克确认过程”;
- 2007年第4期第28页上半部分第4个白色方块里的内容应为“1972年诺贝尔生理学或医学奖”。

如果你在杂志中发现错误, 不论是事实、观点、翻译错误, 还是一个错别字、一个标点, 都请第一时间告诉我们。真诚感谢你的参与。

《环球科学》 诚邀天下英才

《环球科学》创刊一年多以来, 得到了越来越多的关注与支持。为了更好地满足读者不断提高的要求, 本刊诚邀天下英才加盟! 有意者请将简历及近期作品寄至环球科学杂志社, 或通过电子邮件发送到 advice@sciam.cn, 请在信封背面或邮件主题中注明“应聘”。

招聘职位: 编辑、记者

工作地点: 重庆市

招聘条件:

1. 物理、能源、考古、机械、科技史、新闻及相关专业, 热爱科普事业, 对科普传媒有所了解;

2. 知识面广博, 文笔流畅, 有较强的写作能力、采访突破能力和选题策划能力;

3. 大学本科以上学历, 至少通过大学英语六级, 有较强的科技外语阅读和翻译能力;

4. 善于沟通, 有团队合作精神, 工作责任心强。

5. 有科普媒体从业经验者优先。

2007 年第 3 期的译文擂台登出的短文难度不小, 不过仍有许多读者发来了译文, 其中不乏参加过前几次译文擂台的老朋友。评审委员会从中选出了以下 5 位优秀译者, 他们分别是: **王昊明 (天津)、陈家乾 (杭州)、林景新 (北京)、庞玮 (广州) 和蒋青 (南京)**, 其中王昊明已经连续第二次被评为优秀译者了。

本期《环球科学》前沿扫描中的《光与物质的移形换位》一文, 恰好是那篇短文的缩写。由于涉及大家不太熟悉的量子力学, 因此一些读者在专业术语的把握上出现了偏差, 比如将两团玻色-爱因斯坦凝聚物之间的“叠加态”(superposition) 译为了“超态”; 还有读者没有正确理解文章的内容, 比如将实验过程中的控制激光与“移形换位”的脉冲激光混为一谈。

遇到这种专业性太强的稿件, 除了请教专业人士以外, 《环球科学》编辑通常会向网络搜索引擎求助。比如, 以这项研究的带头人“Lene Hau”为关键词进行查找, 就可以找到许多相关的背景资料。大致浏览一遍, 翻译时就不至于心里没底了。

还有一点值得一提。文章中提到, 1999 年, “Hau's group slowed light inside a condensate to ‘bicycle speed’ (38 mph)”。从字面上理解, 这句话应该译为“Hau 的研究小组曾经在一团凝聚物内, 将光速降低到‘自行车的速度’(每小时 38 英里)”。不过仔细推敲, 就会发现问题。38 英里大约相当于 61 千米, 而即使是环法自行车赛的冠军, 平均时速也只有 40 千米左右。显然每小时 38 英里不是正常的自行车能够达到的速度。王昊明的译法(将光速下降到与自行车的速度相差无几)和庞玮的译法(将光速降低到了‘自行车量级’), 就巧妙地避开了矛盾。这些细节上的处理都是值得借鉴的。

为了鼓励更多读者参与, 本期译文擂台, 我们特别挑选了一篇浅显的 IT 类新闻, 电子文档请到网站论坛的翻译新闻区 (<http://www.sciam.cn/bbs/thread.php?fid=20>) 下载。**参加译文擂台的读者, 请在 2007 年 6 月 10 日之前, 将译文通过电子邮件发送到 advice@sciam.cn, 在邮件主题中注明“2007 年第 5 期环球科学”, 并在邮件中留下 QQ、MSN 或者联系电话, 方便及时联系。**评审委员会将选出 5 位优秀译者, 公布在《环球科学》2007 年第 7 期上, 每位优秀译者将获赠《环球科学》杂志一本。

Intel says new chips about 40 pct faster

Intel Corp. said a new line of computer processors due out later this year will be about 40 percent faster than current chips when running computer games, videos and other heavy workloads.

The world's biggest microchip maker, which powers about 75 percent of computers, said the new Penryn processors will have the same basic design as current ones, but the circuitry will be 30 percent thinner -- just 45 millionths of a millimeter wide.

"In high-performance computing and bandwidth intensive applications ... there will be up to a whopping 45 percent performance increase," said Patrick Gelsinger, the general manager for Intel's digital enterprise group.

The Penryn would be the world's first 45 nanometer processor, Gelsinger said at the Intel Developer Forum in Beijing on Tuesday. The new processors will hit the market later this year, but Gelsinger did not provide a timeline.

In a prototype Penryn chip with four processing cores, that translated into 40 percent faster performance in computer games and video processing, while more mundane tasks such as image processing ran about 15 percent faster, Gelsinger said.

Intel held the forum in China just a month after saying it would build a \$2.5 billion microchip plant in the mainland, underscoring the growing importance of the country in the global electronics manufacturing food chain.

The successor to Penryn, a family of chips known as Nehalem, will make their debut in 2008 with an overhauled design and featuring up to eight processing cores, double that of current top-of-the-line chips, he said.

Intel also reiterated plans to build graphics capabilities into Nehalem processors, a sign that it is mounting a challenge to AMD chips scheduled to come out in early 2009.

Advanced Micro Devices Inc.'s plans

to integrate graphics into its processors -- a project known as "Fusion" -- is one result of its \$5.4 billion purchase of Canadian graphics chip maker ATI last year.

Intel currently offers graphics integrated into its chipsets, the cluster of secondary chips and interfaces that surround a central processor and make it work with various parts of a computer.

The bulk of personal computers -- especially laptops -- are sold with such integrated graphics, and analysts have said the move to include such functions in processors themselves could put pressure on the market for separate graphics cards made by Nvidia Corp. as well as AMD's ATI division.

Nvidia has said it is not worried about integrated graphics, saying that the high-end graphics capabilities needed in areas such as games and medical imaging will sustain demand for its more powerful dedicated graphics chips.

火星和土卫六上的 生命迹象？

地球上的甲烷主要来源于细菌，火星和土卫六则是太阳系中另外两颗存在甲烷的星球。那里的甲烷究竟是生命活动的迹象，还是地下湖泊中化学反应的结果？

消失的哺乳动物 揭秘南美大陆的地质变迁
新颖成像技术即将问世 植物人康复有望
智能电网 让大面积停电不再发生
碳纳米网 让电子产品柔软可折叠
染色体紊乱 癌症的又一成因？
量子橡皮DIY 手把手教你改变过去

专有名词

化学、生物、医学

acetaldehyde 乙醛
 acetylation 乙酰化作用
 acetylcholine 乙酰胆碱
 activated carbon 活性炭
 amantadine 金刚烷
 alcohol dehydrogenase 乙醇脱氢酶
 aldehyde dehydrogenase 乙醛脱氢酶
 antilock brakes 防抱死制动装置
 barn swallow 家燕
 bipolar affective disorder 双相情感障碍
 bipolar Cells 双极细胞
 bioppterin 生物喋呤
 carbon nanotube 碳纳米管
 cataplexy 猝倒
 casein 酪蛋白
 Cellular Neural Network 细胞神经网络
 chemical hydride 化学氢化物
 cliff swallow 崖燕
 complex hydride 络合氢化物
 compressed hydrogen 压缩氢
 Corvus corax 渡鸦
 Corvus monedula 新喀里多尼亚乌鸦
 cougar 美洲狮
 cutaneous T cell lymphoma 皮肤 T 细胞淋巴瘤
 cyclic alternating pattern, CAP 循环交互模式
 Dacogen 地西他滨
 dendrite 树突
 destabilized hydride 不稳定氢化物
 dopamine 多巴胺
 dopamine system 多巴胺系统
 electroencephalography 脑电图
 endophenotype 内在表型
 endorphin 内啡肽
 enkephalin 脑啡肽
 epigenetic phenomena 表观遗传现象
 epinephrine 肾上腺素
 gluten 麸质
 false negative 错误排除
 frontal cortex 额叶皮质
 gamma-aminobutyric acid 氨基丁酸
 hedonic adaptation 享乐适应
 hydrazine 肼
 hydrocarbon 碳氢化合物
 hydrogen adsorbent 氢吸附剂
 hypocretin 下丘脑分泌素
 hypothalamus 下丘脑
 immediate analgesic effect 直接止痛效应
 inorganic compound 无机化合物
 irritable bowel syndrome 肠易激综合征
 ketamine 克他命
 leaky gut syndrome 肠漏综合征
 liquid hydrogen 液氢
 lithium borohydride 硼氢化锂
 M2 muscarinic acetylcholine receptor, CHRM2M2
 毒蕈碱型乙酰胆碱受体
 magnesium hydride 二氢化镁
 maternal effect 母体效应
 melatonin 褪黑激素
 metal hydride 金属氢化物
 metal-organic framework, MOF 金属有机骨架
 metal-organic material 金属有机材料
 methylation 甲基化作用
 microchimerism 微嵌合现象
 midazolam 咪达唑仑
 multiple Sclerosis 多发性硬化

myelodysplastic syndrome
 骨髓增生异常综合征
 narcolepsy 发作性睡眠
 neurological fingerprint 神经指纹图谱
 neuronal nitric oxide synthase
 神经元一氧化氮合成酶
 neuropeptide 神经肽
 neurotransmitter 神经递质
 nitrogen tetroxide 四氧化二氮
 norepinephrine 去甲肾上腺素
 non-rapid eye movement, NREM
 非快速动眼睡眠阶段
 nutcracker 星鸦
 opioid 阿片类物质
 palpitation 心悸
 phenobarbital 苯巴比妥
 phenylketonuria 苯丙酮尿症
 polio 感染脊髓灰质炎
 polysomnogram 多频道睡眠记录
 posterior horn 后角
 reward prediction circuitry 奖励线路
 Rett Syndrome 瑞特综合征
 ribavirin 病毒唑
 serotonin 血清素
 serotonin 5-羟色胺
 sleep onset rapid eye movement period, SOREMP
 入睡发作快速动眼睡眠期
 spike 峰值
 synthetic compound 合成化合物
 tryptophan hydroxylase 1 I 型色氨酸羟化酶
 vidaza 阿扎胞苷
 waveform 波形
 reversible metal hydride 可逆金属氢化物

物理、天文、环境

aerogel 气凝胶
 Andromeda 仙女座星系
 Arcturus 大角星
 bound atom 束缚原子
 combination plug-in hybrid/fuel-cell system
 充电式与燃料电池复合系统
 Comet Hale-Bopp 海尔波普彗星
 CGRO 康普顿伽马射线天文台
 crew capsule 成员舱
 dark matter 暗物质
 diffraction limit 衍射极限
 electronic stability control 电子稳定控制装置
 energy density 能量密度
 fullerene 碳笼
 functional magnetic resonance imaging, fMRI
 功能磁共振成像
 Gaia 全天天体测量干涉仪
 GLAST 伽马射线大视场空间望远镜
 heat budget 热量收支
 Hyades 毕星团
 hypergolic liquid fuel 自燃液体燃料
 Liouville's theorem 刘维定理
 lunar lander 月球着陆器
 Lycurgus cup 莱克格斯杯
 matched-filter technique 匹配过滤技术
 metamaterial 超材料
 modified Newtonian dynamics 修正牛顿动力学
 nanohorn 纳米角
 nanoshell 纳米壳
 OBD-II 第二代车载诊断系统
 Occam's Razor 奥卡姆剃刀原理
 Orion mission 猎户座登月计划

positron 正电子
 phase space 相空间
 plasmon slot waveguide 槽型等离激子波导
 Plasmonics 等离激子学
 Plasmonster 等离激子管
 Raman spectroscopy 拉曼光谱学
 Sagittarius dwarf elliptical galaxy
 人马座矮椭圆星系
 SIM 太空天文光学干涉仪
 Skinner boxes 斯金纳箱
 SPASER 等离激子激光器
 specific impulse 比冲
 stream 星流
 surface plasmon 表面等离激子
 variable-interval schedules of reinforcement
 可变间隔强化程序
 Vehicle Identification Number 车辆识别号码
 waveguide 波导

机构名

American Astronomical Society 美国天文学会
 Brookhaven National Laboratory, BNL
 美国布鲁克海文国家实验室
 Champs-lysées 巴黎香榭丽舍大街
 CNRS 法国国家科学研究中心
 European Southern Observatory
 欧洲南方天文台
 Fred Hutchinson Cancer Research Center
 弗雷德·哈钦森癌症研究中心
 Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
 哈佛-史密森天体物理中心
 International Energy Agency, IEA
 国际能源机构
 International Partnership for the Hydrogen
 Economy 氢能经济国际合作伙伴
 IPCC 政府间气候变化专门委员会
 Japan Aerospace Exploration Agency
 日本宇宙航空开发研究机构
 Max Planck Institute of Coal Research
 德国马普煤炭研究所
 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center
 斯隆-凯特灵纪念癌症中心
 National Institute on Alcohol Abuse and
 Alcoholism 美国国家酒精滥用及酗酒研究所
 National Institute of Mental Health
 美国国立心理健康研究所
 Pacific Northwest National Laboratory
 美国西北太平洋国家实验室
 Philips Eindhoven Labs
 荷兰飞利浦埃因霍温实验室
 Sandia National Laboratories
 美国桑迪亚国家实验室
 Stanford Linear Accelerator Center
 斯坦福线形加速器中心
 the Heaven's Gate 天堂之门

项目、协议、书刊

FreedomCAR and Fuel Partnership
 自由汽车与燃料伙伴
 Hydrogen Implementing Agreement
 《氢能实施协议》
 Mind of the Raven 《渡鸦心理》
 PNAS 《美国国家科学院院刊》
 Ravens in Winter 《渡鸦过冬》
 the invisible man 《隐身人》



for a living planet®



全球气候变暖，将因您的参与而改变

依照目前趋势，到2100年，北极冰川将在夏季全部融化，数十亿人的家园也将被淹没。在中国，WWF(世界自然基金会)正与各级政府、企业、社团广泛合作，为减少二氧化碳排放、推广可再生能源和能源节约、推动可持续能源发展而积极努力。

成为我们的合作伙伴，共同遏止全球气候变暖，请访问：www.wwfchina.org Tel: 8610-65227100

劳力士「雄才伟略大奖」历届得主



安妮塔·史都德
(Anita Studer)

拯救巴西东北部
大西洋雨林区。

自然环境



萨努亚·迪亚基特
(Sanoussi Diakité)

创制能轻易准备好
非洲小米的机器。

科技和发明



隆尼·杜普雷
(Lonnie Dupre)

率先于夏季
横渡北极。

勘探开发



森本喜久男
(Kikuo Morimoto)

协助柬埔寨乡郊
地区的丝纺纺织
技术复苏。

文化传统



特莉萨·玛内拉·白安柯
(Teresa Manera de Bianco)

于南美洲一独特地点
保护史前动物足迹。

科学

为人类未来
踏出下一步的，
会是你吗？



近三十年来，劳力士「雄才伟略大奖」资助了许多得奖精英实践改善全球社会现状的心愿，如果你是有远见和创新精神的人才，并且有能力及决心贯彻执行计划的话，参加2008年劳力士「雄才伟略大奖」将是你实现心愿的大好机会。

大会的评审委员会，将以参赛计划的原创性、可行性及潜在的影响力等因素作为评审准则。优胜的五位杰出精英将会各获得奖金100,000美元以助完成其计划，并可获赠经特别题名的金劳力士腕表一只。大会亦将同时选出最多五名优异奖得主，各得奖金和金钢劳力士腕表一只。

如你在科学医疗、创新技术、勘探开拓、环境保护及文化传统等范畴已有计划设想，并愿意为促进世界认知、发展人类福祉或对建立美善的世界等目标出一份力，参加劳力士「雄才伟略大奖」正是你实现理想的第一步。

2008年劳力士「雄才伟略大奖」现已接受报名：查询有关详情或索取参加表格，请浏览劳力士「雄才伟略大奖」网站 www.rolexawards.com，或致函劳力士秘书处：The Secretariat, The Rolex Awards for Enterprise, P.O. Box 1311, 1211 Geneva 26, Switzerland. **报名必须于下列日期前送达劳力士秘书处：**亚洲、太平洋、北美及南美洲：2007年5月31日；欧洲、中东及非洲：2007年9月30日

